

# SYSTÈMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS



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

**Volume 4**  
(Edition 2006)



## 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 radio-communication, 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  
E-mail: [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. Veillez les envoyer par télécopie ou par courrier électronique (E-mail).*

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

**Télécopie:** +41 22 730 5194  
**E-mail:** [sales@itu.int](mailto:sales@itu.int)

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

# **SYSTÈMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS**

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

**Volume 4**  
**(Edition 2006)**



## **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 systèmes de transport terrestres.

Le présent document est le quatrième volume du Manuel de l'UIT-R sur les communications mobiles terrestres (y compris l'accès hertzien). 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.

Trois volumes ont déjà été publiés:

- 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

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 début 2006.

Le Volume 4 a été élaboré par un groupe d'experts du Groupe de travail 8A des radiocommunications. Je tiens à remercier Mme Reema Hafez (Canada), Rapporteur du Manuel sur les communications mobiles terrestres, et M. Jongtaek 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 8A  
des radiocommunications  
Canada

Any-Bus est une marque commerciale de SDS (intégrateur coréen); BREW est une marque commerciale de Qualcomm; cdma2000 est une marque déposée de l'Association des industries de télécommunication (TIA) des États-Unis, pour le compte du Groupe «Organizational Partners» du 3GPP2; K-ways est une marque commerciale de KTF (opérateur coréen de services de communications personnelles); OnStar est une marque commerciale d'OnStar Corporation; ROTIS est une marque commerciale de ROTIS (société coréenne spécialisée en ITS).

# 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 Considérations générales .....	2
1.3 Structure et utilisation du Volume 4 .....	2
CHAPITRE 2 – ARCHITECTURE DE COMMUNICATION DES ITS .....	3
2.1 Introduction.....	3
2.2 Objectifs des ITS.....	3
2.3 Architecture système des ITS .....	3
2.4 Attribution des fréquences .....	6
2.4.1 Spectre des DSRC .....	6
2.4.2 Spectre des ondes millimétriques .....	7
2.5 Tendances futures .....	7
CHAPITRE 3 – COMMUNICATIONS ET DIFFUSION HERTZIENNES ÉTENDUES POUR LES ITS .....	9
3.1 Introduction.....	9
3.2 Cellulaire/PCS/IMT-2000.....	9
3.2.1 Interface radioélectrique CDMA2000 .....	10
3.2.2 K-WAYS™ .....	11
3.2.2.1 Services.....	11
3.2.2.2 Technologie de recherche des positions .....	13
3.2.2.3 Architecture réseau .....	14
3.2.3 ONSTAR .....	15
3.2.4 Système numérique cellulaire et système numérique de diffusion au Japon .....	17
3.2.4.1 Système numérique cellulaire.....	17
3.2.4.2 Système numérique de diffusion terrestre .....	17
3.2.5 Système européen d'appel d'urgence embarqué eCall .....	18
3.2.5.1 Introduction .....	18
3.2.5.2 Architecture de base eCall.....	19
3.3 Système d'information des bus (BIS) utilisant un réseau de données hertzien.....	20
3.3.1 Introduction .....	20
3.3.2 Localisation et suivi des bus .....	20

3.3.3	Liaison de communication pour la transmission des informations de localisation .....	21
3.3.4	Mise en place du système d'information des transports publics.....	22
3.3.4.1	Introduction .....	22
3.3.4.2	Réseau hertzien de données en mode paquets du système BMS.	23
3.3.4.3	Le système central du BMS de Séoul.....	24
3.3.4.4	Les équipements terminaux du BMS de Séoul.....	25
3.3.4.5	Protocole entre les bus et le système central .....	25
3.3.5	Différents modèles de systèmes d'information et de gestion des bus.....	25
3.4	Radiodiffusion FM.....	26
3.4.1	DARC.....	26
3.5	Tendances futures .....	28
3.5.1	WiMAX mobile (WiBro) .....	28
3.5.1.1	Description .....	28
3.5.1.2	Configuration système.....	29
3.5.1.3	Services clés .....	30
3.5.1.4	Les ITS utilisant WiBro.....	30
3.5.2	T-DMB .....	30
3.5.2.1	Technologie T-DMB .....	30
3.5.3	DVB-H .....	32
3.5.3.1	Technologie DVB-H .....	32
3.5.4	FLO .....	32
3.5.4.1	Technologie FLO.....	33
3.5.5	Système automatique d'avertissement de collision (ACN).....	33
3.5.5.1	Objectifs du service .....	33
3.5.5.2	Caractéristiques des équipements ACN .....	34
3.5.5.3	Aspects commerciaux des systèmes ACN .....	34
3.5.5.4	Questions relatives au transport des messages ACN sur les réseaux cellulaires .....	34
3.5.6	Internet à bord de véhicules.....	35
3.5.7	Maintenance à distance.....	35
3.5.8	PMV à bord de véhicules.....	36
3.5.9	Navigation par satellite avec évitement des encombrements .....	36

	<i>Page</i>
CHAPITRE 4 – COMMUNICATIONS SPÉCIALISÉES À COURTE DISTANCE .....	37
4.1 Introduction.....	37
4.2 Système DSRC européen et applications.....	39
4.2.1 Historique .....	39
4.2.2 Caractéristiques techniques .....	40
4.2.2.1 Méthode passive par rétrodiffusion .....	40
4.2.2.2 Caractéristiques techniques de la méthode européenne par rétrodiffusion .....	42
4.2.3 Applications.....	44
4.2.3.1 Généralités.....	44
4.2.3.2 Perception électronique de péage (PEP).....	45
4.2.3.3 Identification d'enregistrement électronique (ERI) .....	46
4.2.3.4 Préinformation de gamme moyenne (MRPI) .....	46
4.3 Système DSRC japonais et applications .....	47
4.3.1 Historique .....	47
4.3.2 Caractéristiques techniques .....	48
4.3.2.1 Méthode active (émetteur-récepteur) .....	48
4.3.2.2 Caractéristiques techniques de la méthode active japonaise .....	49
4.3.3 Sous-couche application (ASL) pour applications multiples .....	50
4.3.4 Applications.....	52
4.3.4.1 Généralités.....	52
4.3.4.2 Perception électronique de péage (PEP).....	53
4.3.4.3 Interface applicative de base permettant d'étendre les applications s'exécutant à bord des véhicules .....	54
4.4 Système ITS utilisant un réseau DSRC .....	55
4.4.1 Introduction .....	55
4.4.2 Initiatives de déploiement pilotes .....	55
4.4.2.1 Eléments clés du projet.....	57
4.4.2.2 Gestion du projet .....	58
4.4.3 DSRC actif.....	58
4.5 Tendances futures: Système DSRC à 5,9 GHz et applications.....	61
4.5.1 Introduction .....	61
4.5.2 Exigences fonctionnelles des systèmes de radiocommunication ITS de prochaine génération.....	61

	<i>Page</i>
4.5.3 Exigences relatives à la technologie de transmission radioélectrique .....	63
4.5.3.1 Caractéristiques de propagation radioélectrique des DSRC.....	63
4.5.3.2 Considérations relatives à l'environnement de propagation des DSRC .....	64
4.5.3.3 Technologies applicables aux radiocommunications ITS de prochaine génération.....	65
4.5.4 Futur système DSRC et applications en Amérique du Nord .....	66
4.5.4.1 Historique .....	66
4.5.4.2 Futur système DSRC en Amérique du Nord .....	67
4.5.4.3 Proposition d'applications DSRC en Amérique du Nord .....	69
4.5.4.4 Besoins et tendances futures.....	71
4.5.4.5 Principe et protocole Internet .....	72
4.5.4.6 DSRC reposant sur le protocole IP.....	74
CHAPITRE 5 – COMMUNICATIONS PAR ONDES MILLIMÉTRIQUES.....	79
5.1 Introduction.....	79
5.2 Radar pour véhicules.....	81
5.2.1 Historique .....	81
5.2.2 Radar à faible puissance pour véhicules fonctionnant à 60 GHz et 76 GHz.....	82
5.2.2.1 Généralités.....	82
5.2.2.2 Spécifications système.....	83
5.2.3 Radar à bande ultralarge (UWB).....	83
5.2.3.1 Généralités.....	83
5.2.3.2 La situation aux Etats-Unis d'Amérique.....	84
5.2.3.3 Situation en Europe .....	85
5.3 Tendances futures .....	86
5.3.1 Cadre général.....	86
5.3.2 Etude des radiocommunications ITS à ondes millimétriques à l'UIT-R ...	87
5.3.3 Caractéristiques de propagation des communications entre véhicules à ondes millimétriques.....	87
5.3.3.1 Modèle de propagation à deux rayons dans le cas des ondes millimétriques.....	87
5.3.3.2 Résultats des tests sur le terrain.....	88

	<i>Page</i>
5.3.4 Communications entre véhicules et radars .....	90
5.3.4.1 Communication via le radar .....	91
5.3.4.2 Exemples d'application .....	92
ANNEXE 1 – RESSOURCES .....	95
1 Continent américain .....	95
2 Europe .....	95
3 Japon .....	95
4 Corée .....	96
ANNEXE 2 – VICS .....	97
1 Introduction .....	97
2 Présentation générale du système .....	97
3 Médias de diffusion des informations .....	98
3.1 Radiodiffusion multiplexée FM .....	98
3.2 Balise à ondes radioélectriques .....	100
ANNEXE 3 – SYSTÈME ITS UTILISANT DES BALISES RADIO .....	103
1 Service de collecte d'informations sur le trafic en temps réel .....	103
2 Système de collecte d'informations routières .....	104
3 Système (de gestion) d'information des bus .....	104
4 Spécifications .....	105
ANNEXE 4 – CALM: UNE ARCHITECTURE RÉSEAU ITS DE DEMAIN .....	107
1 Introduction .....	107
2 Principe du système CALM .....	108
3 Types de services CALM .....	108
4 Avantages de CALM .....	109
5 Architecture CALM .....	110
ANNEXE 5 – SIGLES ET ACRONYMES .....	111



## CHAPITRE 1

### INTRODUCTION

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

La rédaction du Manuel sur les initiatives en matière de communications mobiles terrestres 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 ouvre les divers aspects des services de communications mobiles terrestres, y compris les technologies et les systèmes. Le manuel comprend plusieurs volumes, dont trois ont déjà été publiés:

- 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

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 doit aussi aider 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 Manuel couvre des applications du service mobile terrestre, dont les communications entre véhicules et les communications à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, ainsi que d'autres applications telles que celles des systèmes de transport intelligents (ITS). Il vise les systèmes de type cellulaire, les systèmes de messagerie, les systèmes de dispatching, l'accès hertzien fixe et les ITS.

Les utilisateurs du présent Manuel se répartiront probablement en deux catégories. La première comprend les décideurs et les planificateurs auxquels le Manuel apporte les éléments nécessaires aux prises de décision concernant les systèmes les mieux adaptés à leurs besoins. A cette fin, le Manuel analyse divers systèmes selon plusieurs paramètres: estimations et projections concernant le trafic, bandes de fréquences et spectres nécessaires, investissements, critères et expérience acquise en matière de réglementation et de politiques, stratégies de mise en place, incidences à court et à long terme, et autres éléments nécessaires à la planification et à la prise de décision.

Aux utilisateurs de la deuxième catégorie, à savoir les ingénieurs, le Manuel fournit des renseignements techniques plus détaillés: caractéristiques des divers systèmes et applications, conception des systèmes, analyse et estimation du trafic, estimation des besoins relatifs au spectre de fréquences, plans de disposition des canaux, conception et sélection des cellules, stratégie de mise en place, équipement de la station de base et des stations mobiles, et autres renseignements pertinents.

## **1.2 Considérations générales**

Le Volume 4 du Manuel sur les communications mobiles terrestres a pour but de fournir des renseignements sur les ITS (systèmes de transport intelligents). Les ITS utilisent à la fois l'informatique, 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 des communications hertziennes pour les ITS à l'échelle mondiale, actuellement en place ou en développement. Il s'agit là d'un secteur en pleine évolution, qui n'en est encore largement qu'à ses débuts. A noter que le document fournit une description de l'utilisation des communications hertziennes dans les ITS à la date de son élaboration, à savoir début 2006.

## **1.3 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 Chapitre 1 est une introduction. Le Chapitre 2 présente l'architecture de communication des ITS. Le Chapitre 3 décrit plusieurs applications ITS et le Chapitre 4 traite spécifiquement des techniques de communications spécialisées à courte distance. Enfin, le Chapitre 5 examine les communications par ondes millimétriques.

L'Annexe 1 fournit une liste de ressources mondiales sur les ITS. Les Annexes 2 et 3 décrivent en détail les aspects techniques et opérationnels des systèmes de communication et d'information aux véhicules et des ITS à radiobalises. L'Annexe 4 décrit l'architecture CALM et l'Annexe 5 contient une liste de sigles et d'acronymes utilisés dans le présent document.

## CHAPITRE 2

### ARCHITECTURE DE COMMUNICATION DES ITS

#### 2.1 Introduction

L'objectif des ITS est de résoudre les problèmes de sécurité et d'encombrement du trafic dans les systèmes de transport. Les systèmes de communication hertziens et filaires, qui permettent l'échange de différents types d'information entre les systèmes de transport, les systèmes de commande et les utilisateurs, jouent un rôle fondamental dans la réalisation de cet objectif. Le présent chapitre introduit brièvement l'objectif d'un système ITS et en présente les concepts fondamentaux. Il décrit en outre l'architecture d'un tel système, y compris l'architecture de communication, en précisant les différents rôles des fonctions de communication.

#### 2.2 Objectifs des ITS

Les technologies ITS sont regroupées dans un ensemble de services utilisateur interdépendants visant à résoudre les problèmes liés au transport. Le Tableau 1 fournit des exemples de tels services\*.

#### 2.3 Architecture système des ITS

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 (bord 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.

Dans la Fig. 1, 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 bas-côtés 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 utilitaires) visant à assister le transport plurimodal. Les sous-systèmes d'accès au service à l'intention du voyageur 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.).

---

\* Référence: ITS National Architecture, U.S. DoT.

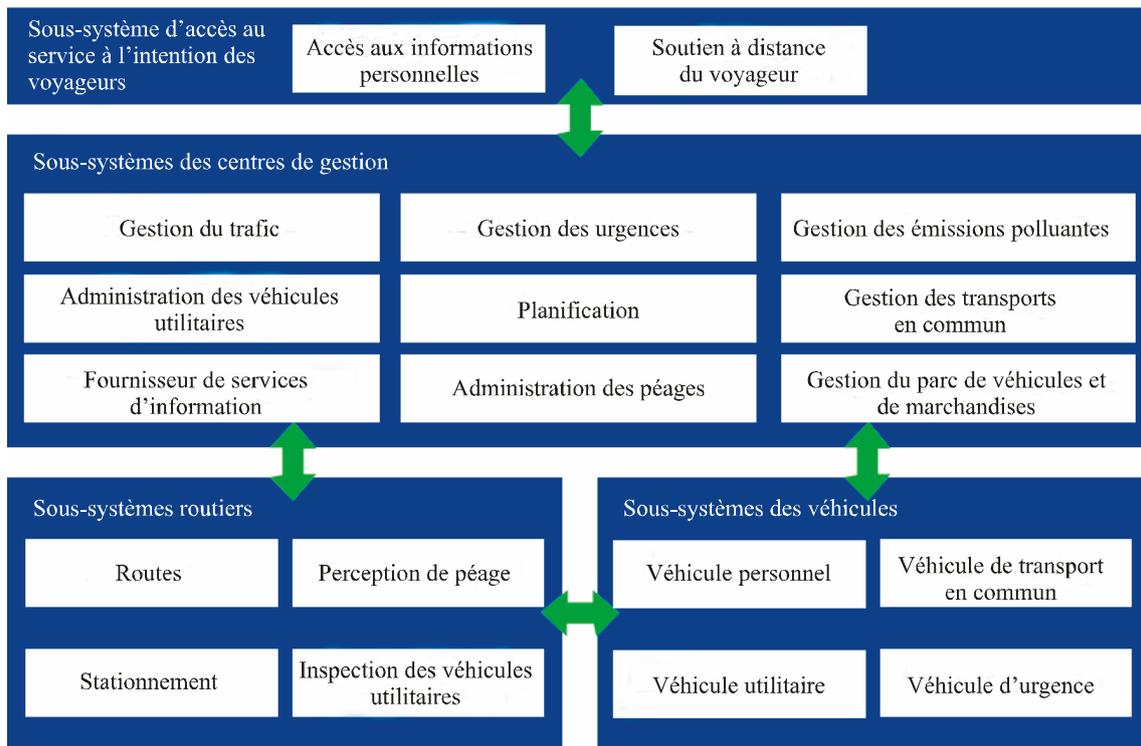
TABLEAU 1

**Services utilisateurs du système ITS**

Catégorie	Service utilisateur
Gestion des déplacements et des transports	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information en cours de route au conducteur</li> <li>- Guidage routier</li> <li>- Informations de services au voyageur</li> <li>- Régulation du trafic</li> <li>- Gestion des incidents</li> <li>- Surveillance et réduction des émissions polluantes</li> <li>- Gestion de la demande et exploitation</li> <li>- Fourniture, avant le départ, d'informations sur les déplacements</li> <li>- Services de covoiturage et de réservation</li> <li>- Intersection avec des voies ferrées</li> </ul>
Services concernant les transports en commun	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestion du transport collectif</li> <li>- Information en cours de route</li> <li>- Transport en commun personnalisé</li> <li>- Sécurité dans les transports collectifs</li> </ul>
Paiement électronique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Services de paiement électronique</li> </ul>
Services concernant les véhicules utilitaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification électronique de véhicule utilitaire</li> <li>- Inspection automatisée de sécurité routière</li> <li>- Surveillance de la sécurité à bord</li> <li>- Processus de gestion des véhicules utilitaires</li> <li>- Matières dangereuses</li> </ul>
Gestion des urgences	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notification des urgences et sécurité des personnes</li> <li>- Gestion des véhicules d'urgence</li> </ul>
Systèmes évolués de contrôle des véhicules et de la sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévention des collisions longitudinales</li> <li>- Prévention des collisions latérales</li> <li>- Prévention des collisions aux intersections</li> <li>- Amélioration de la vision pour prévenir les collisions</li> <li>- Contrôle de l'état de sécurité</li> <li>- Déploiement de dispositifs de retenue avant collision</li> <li>- Autoroute automatisée</li> </ul>

L'architecture 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 1  
Architecture physique du système ITS



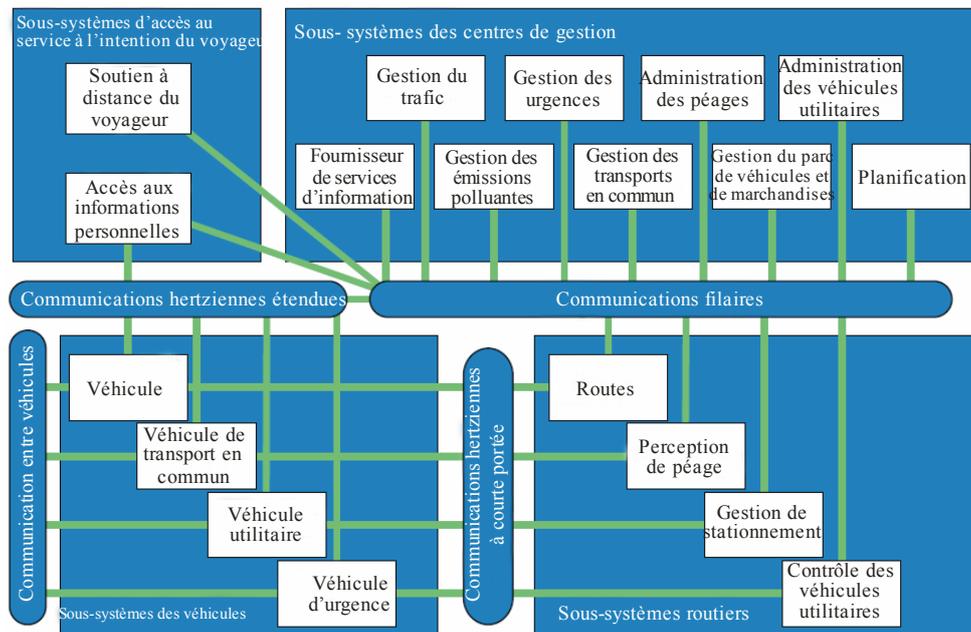
LandMobV4-01

Pour répondre aux besoins de communication entre les dix-neuf sous-systèmes, l'architecture identifie quatre types de liaison: *communications filaires* (fixe-fixe), *communications hertziennes étendues* (fixe-mobile), *communications spécialisées à courte portée* (fixe-mobile) et *communications entre véhicules* (mobile-mobile). La Fig. 2 présente un diagramme sommital de liaison entre sous-systèmes, qui recense les interfaces de communication entre les dix-neuf sous-systèmes qui composent l'architecture.

Pour les communications fixe-fixe, on peut envisager de nombreuses technologies filaires. Le sous-système de gestion du trafic par exemple peut reposer sur de la paire torsadée, du câble coaxial ou de la fibre optique - loués ou propriétaires - pour collecter les informations et pour surveiller et commander les ensembles d'équipement du sous-système routier (capteurs de surveillance du trafic, signaux de trafic, panneaux à messages variables, etc.).

L'architecture identifie deux catégories distinctes de communications hertziennes selon la portée et la zone de couverture. Les communications hertziennes étendues (fixe-mobile) 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 diffusés par radio (AM ou FM) sont un exemple 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. Aucun des systèmes actuellement en place ne peut fournir la couverture générale requise pour garantir l'interopérabilité sur la totalité d'un territoire national.

FIGURE 2  
Diagramme de liaison entre les sous-systèmes de l'architecture



LandMobV4-02

La seconde catégorie (communications hertziennes à courte portée) s'applique aux transferts d'information au niveau local. L'architecture distingue deux types de communications hertziennes à courte portée: les communications entre véhicules et les communications spécialisées à courte portée (DSRC). Les communications hertziennes à courte portée entre véhicules (mobile-mobile) sont nécessaires pour mettre en œuvre le système d'autoroute automatique (AHS) et, très vraisemblablement, les systèmes de prévention des collisions aux intersections. Les DSRC (fixe-mobile) sont, pour leur part, bien adaptées aux applications suivantes: perception de péage, perception des frais de stationnement, inspections de sécurité au bord des routes, vérification de pièces justificatives, signalisation à bord des véhicules, prévention des collisions aux intersections, certaines communications du système d'autoroute automatique (contrôle de sécurité, autorisation d'accès, actualisation de l'état du système ...), etc.

## 2.4 Attribution des fréquences

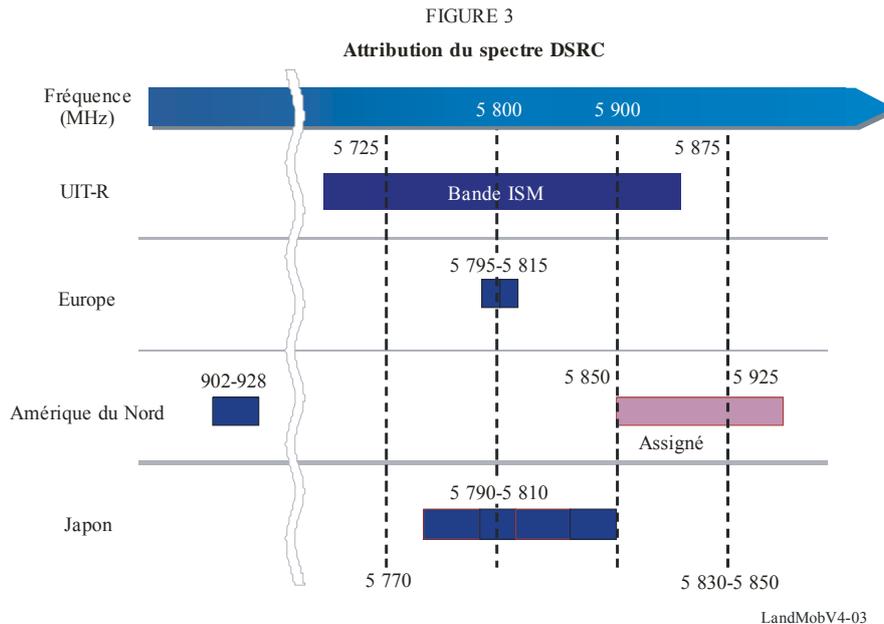
Le spectre de fréquences des DSRC a été attribué dans les bandes des 5,8 GHz et des 5,9 GHz. La Recommandation UIT-R M.1453-2 repose sur des DSRC dans la bande ISM comprise entre 5 725 et 5 875 MHz. S'agissant des fréquences millimétriques, la bande comprise entre 76 et 77 GHz a été allouée pour l'équipement radar à faible puissance et à courte portée pour véhicules. La Recommandation UIT-R M.1452 traite de l'utilisation par les ITS de cette bande de fréquences.

### 2.4.1 Spectre des DSRC

En Europe, une largeur de bande de 20 MHz, comprise entre 5 795 et 5 815 MHz, a été allouée pour les applications DSRC, principalement la perception électronique de péage (PEP). A noter que chaque pays a la possibilité ou non d'utiliser les fréquences comprises entre 5 805 et 5 815 MHz. En outre, des études concernant l'attribution de fréquences supplémentaires pour de multiples applications ITS (communications pour la sécurité des véhicules par exemple) dans la bande des 5,9 GHz sont en cours.

En Amérique du Nord, une largeur de bande de 26 MHz, comprise entre 902 et 928 MHz, a été allouée pour les applications DSRC, principalement la PEP. La FCC a en outre alloué 75 MHz, entre 5 850 et 5 925 MHz, pour de multiples applications ITS utilisant les DSRC. En Amérique du Nord, les DSRC sont également dénommées WAVE (*Wireless Access on Vehicular Environment*/accès hertzien dans un environnement automobile) de façon à les différencier des DSRC utilisant la bande des 5,8 GHz.

Au Japon, une largeur de bande de 80 MHz, comprise entre 5 770 et 5 850 MHz, a été allouée pour de multiples applications DSRC. La Fig. 3 présente le spectre de fréquences à l'échelle mondiale.



## 2.4.2 Spectre des ondes millimétriques

Le spectre de fréquences ITS pour la communication par ondes millimétriques a été alloué dans les bandes des 60 GHz et des 70 GHz. Pour ce qui concerne les systèmes radar pour véhicules (bande ultralarge, UWB), l'Europe a attribué la bande comprise entre 21,65 et 26,65 GHz et les Etats-Unis la bande comprise entre 22 et 29 GHz.

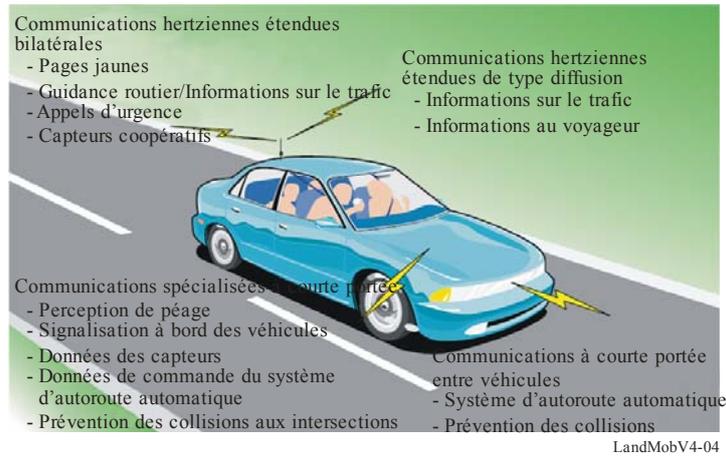
Le § 5.1 fournit une description détaillée de la communication par ondes millimétriques.

## 2.5 Tendances futures

Chaque chapitre du présent Manuel introduit les nouvelles technologies de communication et de diffusion qui annoncent les tendances à venir. Ci-dessous figurent les moyens de communication requis pour offrir aux passagers du futur une large gamme de services ITS.

FIGURE 4

Communications automobiles du futur



Les technologies de communication et de diffusion hertziennes du futur présentent trois caractéristiques: elles sont à large bande, personnalisées et ubiquitaires. A mesure de leur développement, ces nouvelles technologies, incontournables pour les systèmes de transport en mouvement, offriront aux concepteurs de systèmes ITS davantage de possibilités qu'ils n'en ont jamais eues. Ces derniers devront donc examiner avec soin les technologies hertziennes qu'il conviendra d'utiliser dans les futurs ITS.

## CHAPITRE 3

### COMMUNICATIONS ET DIFFUSION HERTZIENNES ÉTENDUES POUR LES ITS

#### 3.1 Introduction

Les communications hertziennes étendues telles que les réseaux cellulaires et les services de communications personnelles (PCS) sont aujourd'hui utilisées de façon satisfaisante sur l'ensemble de la planète. Au-delà de la communication vocale, principale application de ces réseaux, on observe depuis peu une expansion rapide d'applications reposant sur un vaste ensemble de technologies de communication de données, telles que l'Internet sans fil et le téléchargement de vidéos. En outre, les réseaux cellulaires et les systèmes de diffusion apportent aux conducteurs de véhicules des renseignements sur le trafic et les informent sur les dangers susceptibles de se présenter. Les interfaces hertziennes, actuelles et nouvelles, sont conçues pour prendre en charge des communications de type diffusion, multipoint multidiffusion, point à point, véhicule à véhicule et véhicule à point, utilisables dans le secteur des ITS. Ces technologies permettent de mettre en place des communications quasi continues ou de très longue durée entre des véhicules (ou des terminaux mobiles) et des prestataires de services, ou entre des terminaux mobiles/de bord et d'autres systèmes. Elles constituent, en tant que telles, un complément aux technologies à courte portée et à point unique normalisées dans diverses régions du monde.

#### 3.2 Cellulaire/PCS/IMT-2000

Le fait de transmettre rapidement des informations sur de longues distances via des technologies hertziennes s'écarte radicalement, d'un point de vue fonctionnel, de la définition des DSRC. Le transfert d'informations sur la circulation, la gestion du trafic, le téléchargement de vidéos vers les véhicules à des fins notamment d'information touristique, de divertissement ou de mises à jour des systèmes de navigation requièrent le transfert de grands volumes de données.

Les réseaux cellulaires/PCS/IMT-2000 peuvent efficacement prendre en charge les communications et la diffusion hertziennes étendues requises pour des applications à bande étroite ou à large bande. De nombreux prestataires de services dans le monde utilisent déjà ce type de réseau. A noter en outre que les IMT-évoluées répondent aux critères à examiner pour la mise en œuvre de certains ITS (CALM par exemple), élément qu'il conviendra de prendre en compte à mesure du développement de ces IMT. Ces normes sont conçues pour permettre des communications quasi continues ou de très longue durée et constituent un complément aux technologies spécialisées à courte portée et à point unique déjà normalisées dans diverses régions du monde.

Les normes internationales ISO 21212 et 21213 définissent les possibilités d'interfaces hertziennes utilisant les technologies et les réseaux 2G et 3G applicables à CALM.

Les Recommandations suivantes apportent des informations supplémentaires sur l'architecture et les fonctionnalités applicables aux ITS:

Recommandation UIT-R M.1457 – *Detailed specifications of the radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)* / spécifications détaillées des interfaces radioélectriques des télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000). (A noter: certaines de ces spécifications, comme indiqué dans le document ISO CALM 3G, s'appliquent aux communications hertziennes mobiles à large bande pour CALM ITS).

Recommandation UIT-R F.1763 – Normes relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes d'accès hertzien à large bande du service fixe fonctionnant en dessous de 66 GHz.

Recommandation UIT-R M.1645 – Cadre et objectifs d'ensemble du développement futur des IMT-2000 et des systèmes postérieurs aux IMT-2000.

La suite de ce paragraphe est un résumé des spécifications des IMT déjà en place. Les types de services offerts sont illustrés par des exemples de prestataires de services.

### 3.2.1 Interface radioélectrique CDMA2000

L'interface radioélectrique CDMA2000, aussi appelée «AMRC multiporteuse IMT-2000», est actuellement mise en œuvre dans diverses applications multimédias relatives aux ITS. Il s'agit d'une interface radioélectrique sécurisée à large bande et à étalement de spectre utilisant la technologie AMRC (accès multiple par répartition en code), dont les spécifications couvrent notamment l'interface air de base, les performances minimales et les services. Ces spécifications spectrales efficaces sont adaptées à une architecture réseau de type cellulaire, dont le nombre de cellules dépend des besoins en couverture et du spectre déployé. Ce type de système et de solution d'accès est utilisé dans plusieurs régions du monde pour diverses architectures de réseau hertzien de type cellulaire mettant en jeu des services d'accès hertzien à large bande, d'un poste fixe à un poste mobile, sur des réseaux métropolitains et étendus. L'interface air de données par paquets à haut débit CDMA2000 (EV-DO) prend en charge des accès hertziens (jusqu'à des vitesses de véhicule) sur une zone étendue et offre des services vocaux et de données jusqu'à 3,1 Mbit/s en liaison descendante et 1,8 Mbit/s en liaison montante en fonction du niveau de mobilité. Cette technologie, conçue pour évoluer, n'utilise qu'un canal de 1,25 MHz et offre une haute capacité et une grande flexibilité. La prise en charge d'une plus grande capacité d'agrégation des canaux (*channel banding*) et de débits de crête très supérieurs concernant les données font actuellement l'objet de recherches. Cette technologie est aujourd'hui mise en œuvre pour répondre aux besoins de communication étendue des ITS mettant en jeu des services de type OnStar et de haut débit de données afin d'offrir des accès large bande à Internet ainsi que d'autres services de données évolués et des fonctions de sécurité publique (à savoir: transmission de messages d'urgence, identification de l'appelant et rappel du correspondant dans les centres d'appels de sécurité publique).

A noter également que des opérateurs hertziens entièrement nouveaux et des opérateurs de réseaux AMRT peuvent mettre en œuvre le CDMA2000 (EV-DO) comme un réseau de recouvrement afin d'offrir un accès – économique et tourné vers la mobilité – à des appareils mobiles, notamment des systèmes de bord, des ordinateurs portables et des PDA. Ceci vaut également pour une large gamme d'applications télématiques et de services GPS-assistés reposant sur la localisation. CDMA2000 est aussi une interface média CALM ISO TC 204 pour les applications ITS:

ISO 21213: Systèmes de transport intelligents – Accès de communication pour services mobiles terrestres (CALM) – Systèmes cellulaires 3G

Par ailleurs, dans le cadre du développement du CDMA 2000 (en collaboration avec des partenaires organisationnels également chargés de la publication), le 3GPP2 a adopté comme base de l'architecture de services le sous-système multimédia IP (IMS), défini à l'origine par le 3GPP. Le 3GPP2 a également adopté l'architecture IMS au sein de son domaine multimédia (MMD), qui intègre l'IMS et le réseau de données par paquets AMRC multiporteuse IMT-2000. Le réseau MMD défini par le 3GPP2 pour le CDMA2000 offre des fonctionnalités de troisième génération (3G) et repose sur des protocoles de l'IETF (Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet), notamment SIP, SDP, Diameter et IP mobile. MMD prend en charge des fonctions parfois requises par certaines administrations, telles que la surveillance légale du trafic de signalisation et de support. MMD sera également étendu pour prendre en charge les appels d'urgence par voie hertzienne de type VoIP et

multimédia ainsi que les services d'urgence, la télématique, les ITS et autres applications utilisant la localisation par GPS-assisté.

Des normes complémentaires définissent diverses spécifications relatives aux services, à la performance et aux tests. CDMA2000 intègre des dispositions prévoyant l'ajout de services et l'expansion des capacités du système ainsi qu'une architecture susceptible de prendre en charge de telles évolutions sans perte de compatibilité ascendante vis-à-vis des anciens terminaux d'accès et des systèmes existants.

Cette famille de normes intègre également des normes relatives aux services de diffusion-multidiffusion (BCMCS), élaborées par le 3GPP2, qui permettent d'optimiser l'utilisation de l'interface radioélectrique CDMA2000 pour la transmission de flux de contenu BCMCS vers des terminaux au sein du réseau d'un opérateur. L'opérateur peut contrôler chaque flux de contenu BCMCS en fonction d'aspects comptables et des régions du réseau où les flux sont mis à disposition d'un ensemble d'utilisateurs. Le contenu est encrypté de façon à éviter la réception des flux IP multidiffusion par des personnes non autorisées. Pour éviter le recours à de nouveaux protocoles et optimiser l'utilisation de normes communément admises, les protocoles de l'IETF sont utilisés dans toute la mesure possible.

CDMA 2000 est la marque déposée pour la nomenclature technique de certaines spécifications et normes des partenaires organisationnels du 3GPP2 et, d'un point de vue géographique (à la date de publication du présent document), une marque déposée de l'Association des industries de télécommunication des Etats-Unis (TIA-USA).

TIA-2000.1-D [2004] *Introduction to cdma2000<sup>®</sup> Spread Spectrum Systems/introduction aux systèmes à étalement de spectre cdma2000<sup>®</sup>*.

TIA-856-A [EV-DO] [2004] *cdma2000<sup>®</sup> High Rate Packet Data Air Interface Specification /spécification de l'interface air de données en mode paquets à haut débit cdma2000<sup>®</sup>*.

### 3.2.2 K-WAYS<sup>™</sup>

K-ways<sup>™</sup> est un service de convergence numérique qui combine les télécommunications et l'infodivertissement. Il intègre une technologie de services fondée sur la localisation et une technologie de communications mobiles hertziennes. Ce service doit devenir un moteur de tout premier plan dans la conception et le développement de services reposant sur des technologies liées à la télématique.

#### 3.2.2.1 Services

##### 3.2.2.1.1 Types de service

Le service K-ways<sup>™</sup> se décline en trois types selon la forme du terminal.

FIGURE 5  
Trois types de service of K-ways<sup>™</sup>



LandMobV4-05

### *Type téléphone*

Le type téléphone offre un service de navigation sur un simple combiné doté de la technologie GPS (système mondial de repérage) sur station mobile afin de déterminer la localisation actuelle de l'utilisateur. Ce service repose sur une plate-forme WIPI, utilisée pour la communication entre le serveur de services et l'application qui s'exécute sur le combiné. L'application exécute le service de navigation à partir des données de navigation qu'elle a téléchargées (données de planification de trajet, données de guidage routier, données de cartographie, données relatives à des POI, etc.).

### *Type kit*

Dans le service de type kit, la communication avec le serveur s'effectue via un combiné, alors qu'un kit dédié reçoit le signal GPS. Le service de type kit repose sur une plate-forme WIPI et sur une plate-forme BREW. Le combiné reçoit du réseau de communications mobiles les données de navigation (POI, R/P, R/G et informations sur le trafic en temps réel).

### *Type large*

Le terminal de type large n'est utilisé que pour la navigation. Il est connecté au combiné, qui communique avec le serveur. Le terminal large peut fonctionner de façon autonome, mais il doit passer par le combiné pour communiquer avec le serveur afin de récupérer les informations de trafic en temps réel.

## **3.2.2.1.2 Fonctionnalités**

### *Service «Planification de trajet et guidage»*

La fonctionnalité principale est la planification de trajet et le guidage de la localisation actuelle vers la destination. La position est déterminée par le récepteur GPS; le guidage s'effectue grâce aux données R/P et R/G.

### *Service «Informations sur le trafic en temps réel»*

Le service «informations sur le trafic en temps réel» est une fonctionnalité clé du système. Elle fait la distinction entre le mode réseau connecté et le mode non connecté.

### *Service «POI» (points d'intérêt)*

Le service POI fournit à l'utilisateur les coordonnées de divers points d'intérêt: stations-service, magasins, restaurants, hôpitaux, etc.

### *Service vocal*

Le service vocal génère un appel vers le centre vocal. Lorsque l'utilisateur choisit une destination ou demande des informations sur le trafic en temps réel, le service vocal est activé. Un service d'urgence est disponible en cas de danger.

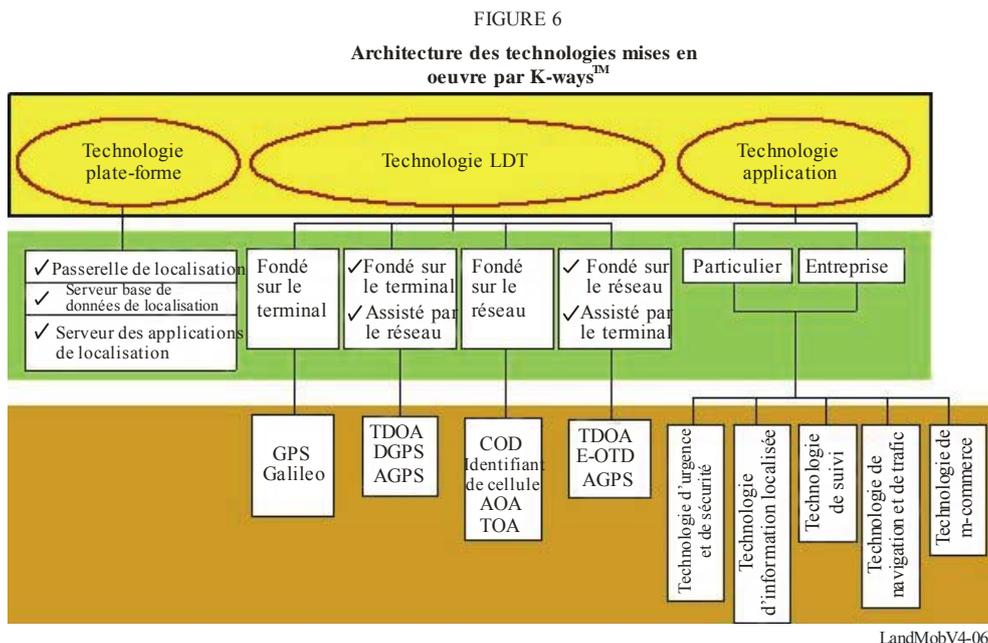
### 3.2.2.2 Technologie de recherche des positions

Il existe historiquement deux méthodes de localisation hertzienne: les solutions fondées sur une intelligence du réseau et les solutions fondées sur une intelligence du terminal.

Dans les solutions fondées sur l'intelligence du réseau, ce sont l'angle d'arrivée (AoA) et le temps d'arrivée (ToA) du signal, transmis par le terminal sans fil et reçu par plusieurs stations de base, qui permettent de déterminer la position. Les solutions fondées sur l'intelligence du réseau présentent certains inconvénients: propagation sur trajets multiples, diffraction, conditions de signal faible, disponibilités des stations de base, coût élevé des mises à jour, etc.

Les solutions fondées sur l'intelligence du terminal utilisent le GPS, système mondial composé de 24 satellites et de stations terrestres. En mesurant précisément la distance qui le sépare de trois satellites, le récepteur peut, par triangulation, déterminer sa position n'importe où sur la planète. Les solutions fondées sur l'intelligence du terminal sont également confrontées à plusieurs problèmes: état du récepteur GPS, incapacité du terminal à capter les signaux des satellites du fait d'obstacles physiques (bâtiments, végétation, topographie...), etc.

A l'heure actuelle, le service K-ways™ repose sur trois technologies principales: la technologie plate-forme LBS (*Location-Based Service*/service fondé sur la localisation), la technologie LDT (*Location Determination Technology*/technologie de détermination de la localisation) et la technologie application. Le développement de la technologie application est requis pour les évolutions de la technologie de détermination de la localisation et pour divers services fondés sur la localisation.



- a) Par identifiant de cellule
    - Information de cellule acquise par recherche d'abonné (*paging*), mise à jour de la zone de localisation (*locating area update*), mise à jour de cellule (*cell update*) ou mise à jour de la zone de routage UTRAN (*URA update*).
    - Développement GMLC terminé.
  - b) OTDOA (voir Note 1)
    - Informations d'intersection d'au moins trois cercles RTT du nœud B.
- NOTE 1 - Faible précision des trajets multiples et du relais. Développement non prévu par les industriels.
- c) GPS assisté
    - Informations de communication échangées entre le réseau GPS et le récepteur GPS de l'équipement utilisateur.

### 3.2.2.3 Architecture réseau

La démarche hybride adoptée par le service K-ways™ associe le GPS et des solutions réseau: les mesures obtenues grâce à la constellation GPS et au réseau CDMA (W-CDMA) sont envoyées à des entités de détermination de la position (PDE) situées sur le réseau; les PDE combinent les mesures et génèrent une multiposition précise.

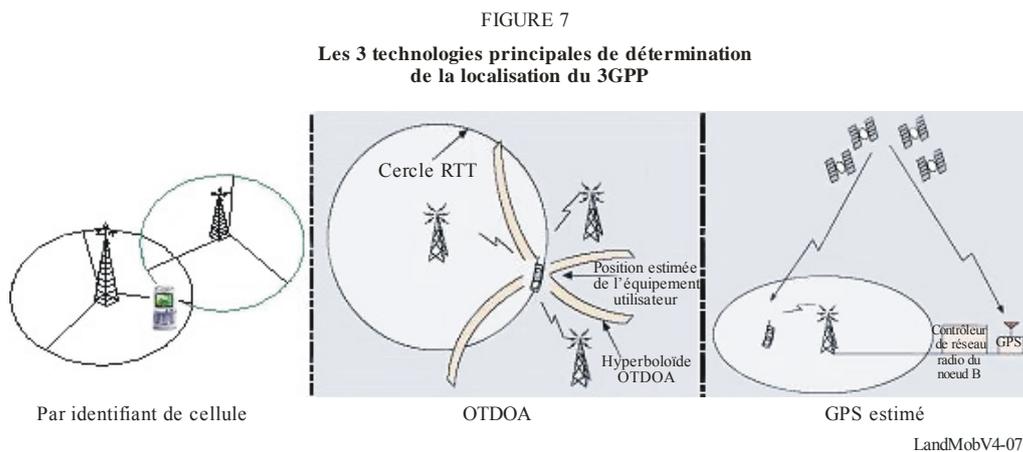
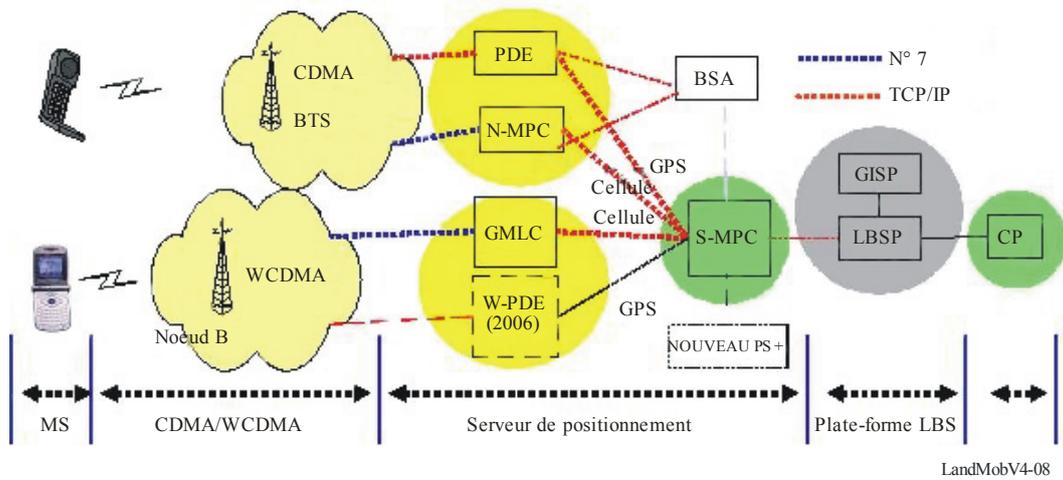


FIGURE 8  
Réseau LBS



Classification	Fonction	Observation
PDE	Détermination de la localisation du terminal GPS par échange entre la MS et la PDE	W-PDE
N-MPC	Détermination de la localisation de la base sur le réseau CDMA par la méthode d'identifiant de cellule	GMLC
S-MPC	Détermination de la localisation de la base sur le réseau WCDMA par la méthode d'identifiant de cellule	
LBSP	Facturation et authentification par la plate-forme LBS	

### 3.2.3 ONSTAR

OnStar est un système proposé par General Motors (GM), principalement en Amérique du Nord. Les services OnStar utilisent la technologie cellulaire et la technologie satellitaire GPS pour relier le véhicule et le conducteur au Centre OnStar.

Comme le montrent les Figures 9 et 10, le Système d'assistance automatique en cas d'impact de GM utilise des capteurs frontaux et latéraux ainsi que les fonctionnalités de détection du module de détection et de diagnostic (MDD). L'accéléromètre logé dans le MDD mesure la gravité de la collision.

FIGURE 9  
Système d'assistance automatique en cas d'impact de GM

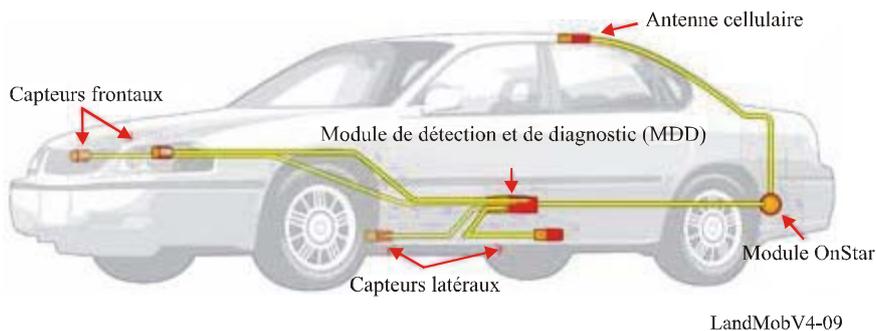
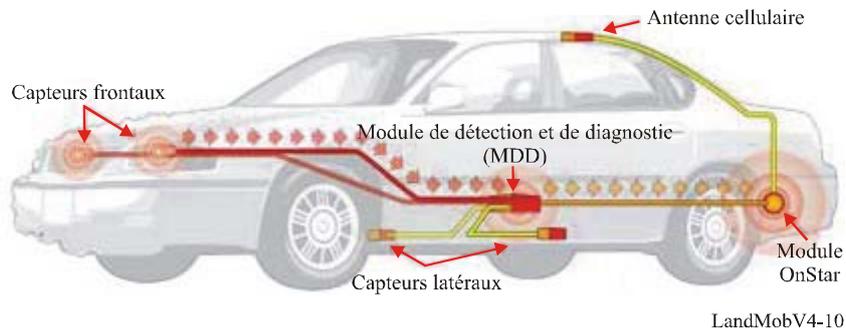
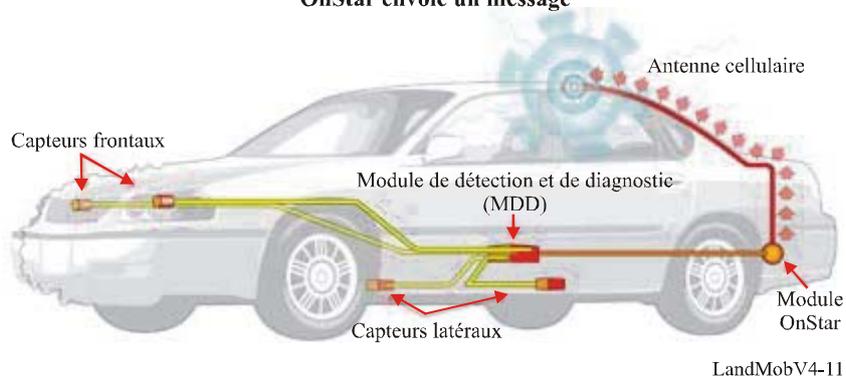


FIGURE 10  
Système d'assistance automatique en cas d'impact



Comme le montre la Fig. 11, en cas de collision frontale ou latérale, de modérée à grave, des données sont transmises des capteurs touchés vers le MDD. Le capteur du MDD peut également détecter un choc arrière d'une intensité suffisante. Que les airbags se déclenchent ou non, le MDD transmet les informations de collision au module OnStar du véhicule via un message de téléphonie mobile.

FIGURE 11  
OnStar envoie un message



La Fig. 11 montre que dans les secondes qui suivent une collision d'intensité modérée à grave, le module OnStar envoie un message au centre d'appels OnStar par l'intermédiaire d'une connexion cellulaire pour aviser un conseiller qu'une collision s'est produite. Un lien vocal est établi entre le conseiller et les occupants du véhicule. Le conseiller peut alors joindre, en appel conférence, le service 911 (service d'urgence aux Etats-Unis) ou un centre téléphonique de sécurité publique, qui évalue la nécessité de dépêcher des services d'urgence sur les lieux. Si le conseiller n'obtient pas de réponse des occupants du véhicule, il peut communiquer au répartiteur du service d'urgence les informations sur la gravité de la collision transmises par le MDD. Le répartiteur détermine alors les services d'urgence à mettre en œuvre. Les conseillers OnStar peuvent transmettre au personnel d'urgence la position exacte du véhicule, obtenue grâce au système GPS.

### **3.2.4 Système numérique cellulaire et système numérique de diffusion au Japon**

#### **3.2.4.1 Système numérique cellulaire**

Au Japon, le nombre d'abonnés au service numérique cellulaire 3G (49 millions) a dépassé le nombre d'abonnés au service de deuxième génération (43 millions) fin mars 2006 et continue de croître rapidement.

Parmi les applications classiques utilisant un système numérique cellulaire, on peut citer le service évolué d'information des voyageurs. En fournissant aux usagers des transports de surface des renseignements en temps réel, ce service facilite les prises de décision concernant les horaires de voyage, les modes de transport, les trajets à emprunter, etc. Pour fournir un tel service, il faut nécessairement disposer d'informations actualisées et précises sur le trafic, les routes et les conditions météorologiques. Le service transmet les données aux usagers par le biais d'Internet, de communications étendues et de systèmes de diffusion.

Au Japon, les services évolués d'information aux voyageurs sont mis en œuvre par le secteur public et le secteur privé. Dans le secteur public, il existe deux grands systèmes. Le premier, appelé VICS (*Vehicle Information and Communication System*/systèmes de communication et d'information aux véhicules), a été lancé en avril 1996. L'Annexe 2 du présent Manuel décrit le service VICS en détail. Le second, appelé ATIS (*Advanced Traffic Information Service*/service évolué d'information sur le trafic), est le fruit d'ATIS Corporation, société créée en juillet 1993 par la métropole de Tokyo et des associations privées.

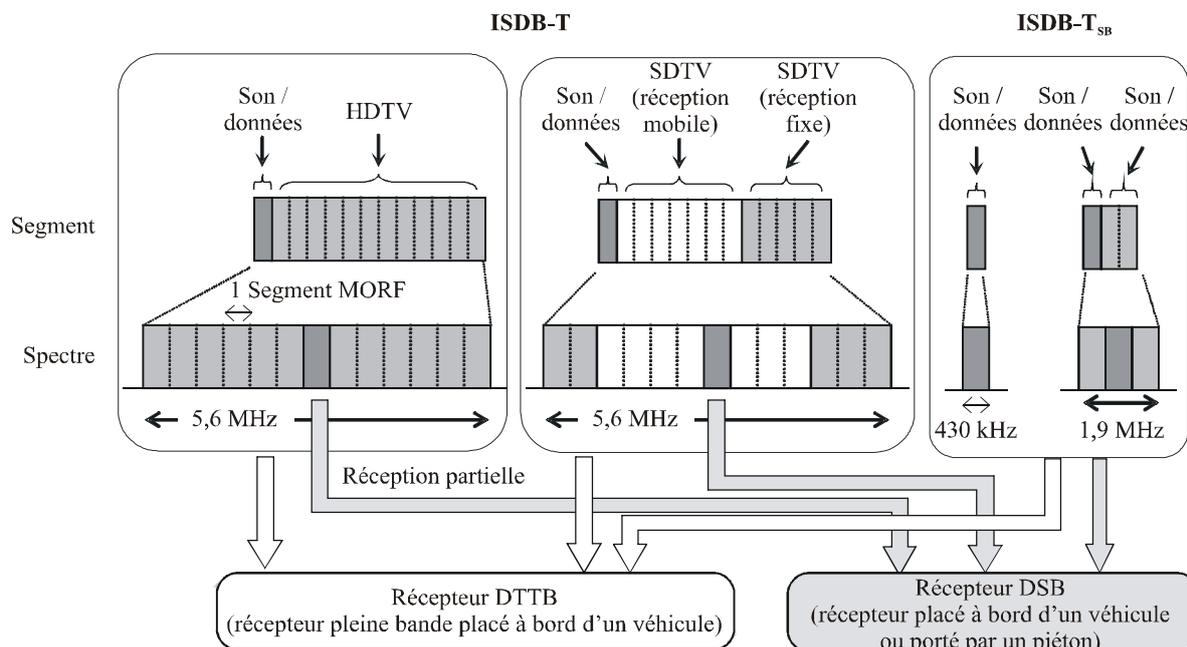
Pour ce qui concerne le secteur privé, des services avancés d'information aux voyageurs ont été proposés par des constructeurs automobiles à partir de 1998, mais n'ont pas rencontré un franc succès. Ils ont évolué, progressivement jusqu'en 2002, vers des services télématiques intégrés. Pour ce qui concerne les trois grands constructeurs automobiles japonais, on peut citer le «G-Book» de Toyota Motor, l'«InterNavi Premium Club» de Honda Motor et le «Carwings» de Nissan Motor. A noter que ces trois services ont reçu un meilleur accueil de la part des usagers que leurs prédécesseurs.

#### **3.2.4.2 Système numérique de diffusion terrestre**

Au Japon, le service de radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre a commencé en 2003 et le service de radiodiffusion sonore numérique de Terre en 2006. Les services de diffusion numérique de Terre intègrent des programmes spécialement conçus pour les terminaux mobiles, notamment les téléphones portables. Ces services utilisent un segment du système numérique C (ISDB-T: radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre) et du système numérique F (ISDB-T<sub>SB</sub>: radiodiffusion sonore numérique de Terre). La Fig. 12 montre les services ainsi que l'utilisation des signaux ISDB-T/T<sub>SB</sub>.

Diverses applications ITS utilisant ces services de diffusion sont en cours d'étude.

FIGURE 12  
Services et utilisation des signaux ISDB-T/T<sub>SB</sub>



DTTB: radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre  
DSB: radiodiffusion sonore numérique

LandMobV4-12

### 3.2.5 Système européen d'appel d'urgence embarqué eCall

#### 3.2.5.1 Introduction

eCall est un projet paneuropéen lancé par la Commission européenne dont l'objet est de créer un système d'appel d'urgence à bord de véhicules. Ce système doit être mis en place sous forme de choix standard dans tous les véhicules homologués d'ici 2010 et au-delà.

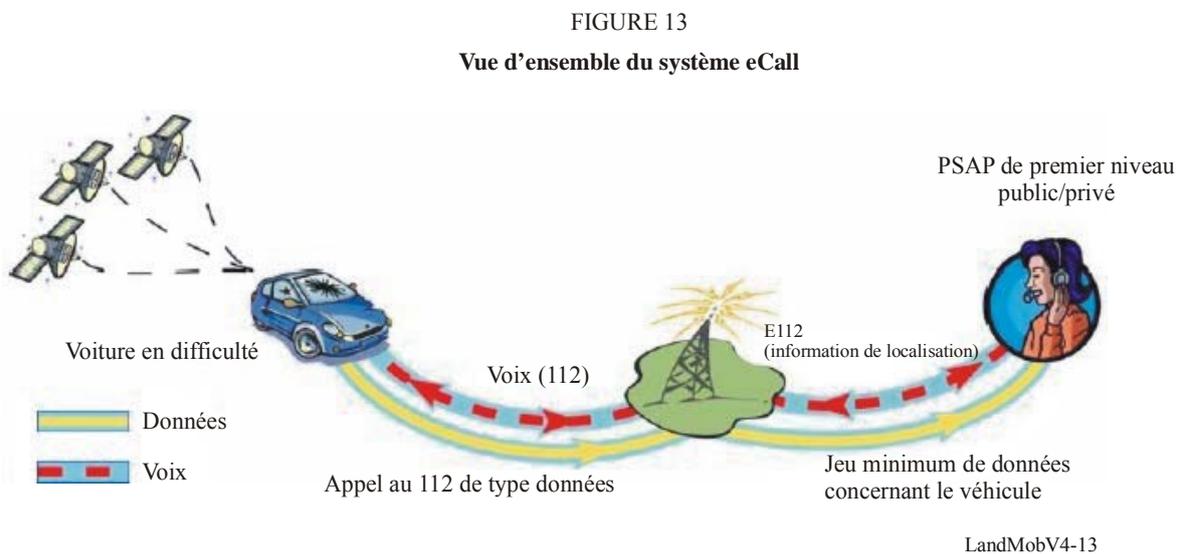
L'architecture eCall devrait reposer sur une liaison voix-données quasi simultanée partant d'un générateur eCall et aboutissant à un PSAP (*Public Safety Answering Point*/centre téléphonique de sécurité publique) de premier niveau. A cette fin, il conviendrait de mettre en place les spécifications fondamentales suivantes concernant la transmission de voix et de données sur les réseaux mobiles:

- Solution paneuropéenne:
  - Possibilité d'itinérance
  - Appartenance à des normes GSM (ETSI, 3GPP) suffisamment pérennes pour permettre la prise en charge du cycle de vie des véhicules
  - Mise en œuvre par tous les opérateurs téléphoniques européens et, de préférence, dans tous les modules GSM

- Mécanisme de transport en temps réel
- Appel téléphonique et transfert de données quasi simultanés
- Mécanisme de routage et de transport sécurisé (E112)
- Accusé de réception automatique.

### 3.2.5.2 Architecture de base eCall

Il est prévu que tous les acteurs adoptent l'architecture illustrée en Fig. 13 lors de la mise en place du système eCall. Le principe de fonctionnement est décrit sous la figure.



- Sur déclenchement manuel et/ou par capteurs, le générateur eCall prépare l'appel eCall embarqué et l'envoie à un PSAP. L'eCall est constitué de deux éléments: un appel téléphonique classique (audio) au 112 et un jeu minimum de données (JMD).
- L'eCall (données + voix) est acheminé par le réseau mobile et pris en charge dans un premier temps par l'opérateur de réseau mobile (ORM) qui le reconnaît comme un appel d'urgence au 112. Appliquant la procédure de traitement des appels au 112, l'ORM ajoute à l'appel deux informations: d'une part, l'identification de la ligne appelante (CLI) et, d'autre part, conformément à la directive «Service universel» (DSU) et à la Recommandation E112, les informations de meilleure localisation (en appliquant le principe du meilleur effort). Après traitement de l'appel, l'opérateur téléphonique envoie au PSAP approprié le message vocal, accompagné du CLI, de la localisation du mobile et du JMD de l'eCall.
- Le PSAP transmet au générateur eCall un accusé de réception précisant que le JMD a été reçu correctement.

Un système eCall étendu selon lequel un fournisseur de services fournirait au PSAP des informations supplémentaires concernant le véhicule et les personnes est envisagé.

Source: *Recommendations of the DG eCall for the introduction of the pan-European eCall, [April 2006] Version 2.0* /Recommandations du «eCall Driving Group» pour la mise en place de l'eCall paneuropéen [avril 2006] version 2.0.

### **3.3 Système d'information des bus (BIS) utilisant un réseau de données hertzien**

#### **3.3.1 Introduction**

Dans certains cas d'embouteillages importants, la mobilité des véhicules décroît fortement. Or une mauvaise mobilité a un effet négatif sur la productivité, entraîne un gaspillage d'énergie et provoque une augmentation des gaz d'échappement; elle peut même mettre des vies en danger.

En février 1999, le ministère coréen de la Construction et des Transports a adopté la loi sur les systèmes de transport intelligents (loi sur l'efficacité du système de transport). En application de cette loi, les pouvoirs locaux de plusieurs villes autonomes ont mis en place des ITS. Cela étant, jusqu'aujourd'hui, la majorité de ces systèmes a mis l'accent sur les véhicules et les conducteurs particuliers, sans prendre en compte les transports publics (passagers de bus, conducteurs de bus et compagnies de bus). Plusieurs villes autonomes ont donc récemment décidé de mettre en place des systèmes d'information dans les transports en commun afin de fournir aux voyageurs des informations présentant pour eux un intérêt.

Contrairement aux véhicules privés, le propre des véhicules de transport en commun (bus, etc.) est qu'ils empruntent un trajet défini selon des horaires précis et qu'ils s'adressent principalement au public (étudiants, personnes se rendant à leur travail, etc.). Il ressort d'un sondage récent mené dans une des villes autonomes auprès des conducteurs de bus et des passagers que les conducteurs attachent une importance prioritaire à l'intervalle de temps qui les sépare du bus précédent et du bus suivant, alors que la préoccupation des passagers est le temps d'attente. Le système PTIS (Public Transportation Information System/système d'information des transports publics) a été développé dans le but d'apporter des informations pertinentes aux conducteurs et aux passagers. Ce système ne vise pas seulement à recueillir des données concernant les bus en circulation, mais également à produire des informations à valeur ajoutée à partir de ces données.

Le PTIS est composé de terminaux embarqués à bord des véhicules, d'écrans situés aux arrêts de bus, de liaisons de communication et d'un système central. Sur le plan des télécommunications, il est composé d'un système de repérage, d'un système de suivi et d'une liaison de communications hertziennes utilisée pour transmettre les informations de localisation.

Les paragraphes suivants présentent la technique de conception du PTIS, une introduction à la localisation des bus, le réseau hertzien de communication et un exemple de mise en œuvre du système à Séoul, Corée. Figure également une présentation du réseau de communications hertziennes des données en mode paquets mettant en œuvre le modèle Any-Bus I.

#### **3.3.2 Localisation et suivi des bus**

La localisation des bus en mouvement repose sur deux méthodes: méthode des coordonnées via GPS et méthode Spot pour la détection de petits secteurs cellulaires.

- *Méthode de détection par coordonnées*: calcul de la latitude et de la longitude du bus à partir des signaux GPS, y compris une mesure précise de l'heure.

- *Méthode de détection Spot:*
  - Balise: 223 987,5 kHz – 224 137,5 kHz (6 canaux, 25 kHz/canal), 4,8 kbit/s, secteur cellulaire de 5 à 50 m
  - DSRC: 5 790 MHz – 5 811 MHz (2 canaux, 10 MHz/canal), 1 024 kbit/s, secteur cellulaire d'environ 100 m
  - Réseau local hertzien: 801.11 b/g/a du commerce, secteur cellulaire de quelques centaines de mètres environ
- *Principe de conception système:* le terminal embarqué à bord du bus suit en permanence les coordonnées de localisation mesurées afin de calculer le temps de parcours entre différents nœuds du réseau routier ainsi que le temps de parcours moyen, lequel est ensuite mémorisé dans une base de données.

La méthode des coordonnées via GPS est certes très précise, mais fonctionne mal dans certains endroits du fait de l'atténuation des signaux GPS (parkings souterrains, zones de bâtiments élevés, sous les ponts, etc.). La méthode de détection Spot, pour sa part, offre une précision très grossière, caractérisée par un écart de plusieurs dizaines de mètres et ne permet pas de détecter les incidents non prévus (accident, embouteillage soudain, etc.) lorsque le bus se trouve entre deux cellules. Enfin, il est difficile de calculer en continu les caractéristiques temps réel du trafic par cette méthode. A noter que l'utilisation de plusieurs antennes permet de remédier au problème des cellules Spot.

Un système hybride, mettant en jeu à la fois la méthode GPS et la méthode Spot, permet d'améliorer la précision de la localisation.

### **3.3.3 Liaison de communication pour la transmission des informations de localisation**

S'agissant de la transmission des informations de localisation des véhicules en circulation, le réseau de communications est le facteur le plus important. La zone de couverture devant être suffisamment large, une société privée ou une municipalité ne peut raisonnablement pas envisager de créer un nouveau réseau spécifique à ses besoins. Plusieurs villes ont donc décidé de louer des réseaux privés existants et consentent à de lourdes dépenses en communication:

- *Plusieurs sociétés de communications hertziennes en Corée:*
  - Réseau hertzien de données en mode paquets: 898-900 MHz, 938-940 MHz (60 canaux, 12,5 kHz/canal, 9,6 kbit/s)
  - Réseau numérique cellulaire: 824-849 MHz, 869-894 MHz, 1 750-1 780 MHz, 1 840-1 870 MHz (14,4-144 kbit/s)
  - TRS (*Trunk Radio System*/système de radiocommunication interurbain): 805-821 MHz, 851-866 MHz (18 kbit/s)
- *Principe de conception système:*

Les données de localisation des bus sont émises en utilisant des services additionnels de communication de données des réseaux numériques cellulaires. Ces services étaient à l'origine prévus pour la transmission de la voix. En conséquence, l'établissement de l'appel au niveau d'une station de base cellulaire s'effectue en 10 s environ et la transmission des données de localisation en 1,5 s. Il convient de noter que les bus sont des abonnés au service. Par conséquent, lorsque leur nombre est élevé, l'abonné téléphonique ordinaire peut pâtir des forts volumes de trafic générés.

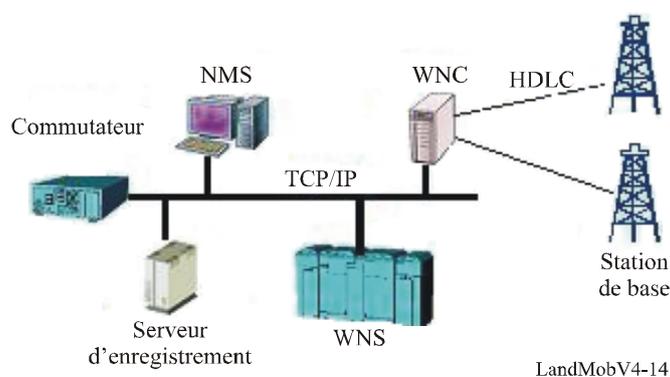
Autre solution couramment adoptée: la collecte et la fourniture d'informations sur le trafic via le réseau hertzien de données en mode paquets (ou WDN: *Wireless packet Data Network*), à l'origine réservé à la communication de données numériques. Ce réseau offre des temps d'établissement de connexion très courts.

Du point de vue des services ITS, le réseau numérique cellulaire et le réseau TRS sont bien adaptés aux villes de taille moyenne, qui présentent des conditions de circulation moins mauvaises et doivent gérer un plus petit nombre de bus (500 maximum) que les grandes villes. Ces dernières - dont certaines possèdent plus de 1 000 bus - doivent disposer d'un réseau de communication adapté à leurs spécificités et présentant les caractéristiques suivantes:

- communication en temps réel afin de garantir des temps d'établissement des appels très courts;
- possibilité de gérer ensemble des messages volumineux, des messages courts et des messages de type salve;
- moindre incidence des heures de pointe, des pannes, etc. sur la qualité de fonctionnement.

Au vu des éléments qui précèdent, la ville de Séoul a décidé d'utiliser le WDN pour le système de gestion des bus.

FIGURE 14  
Architecture réseau



### 3.3.4 Mise en place du système d'information des transports publics

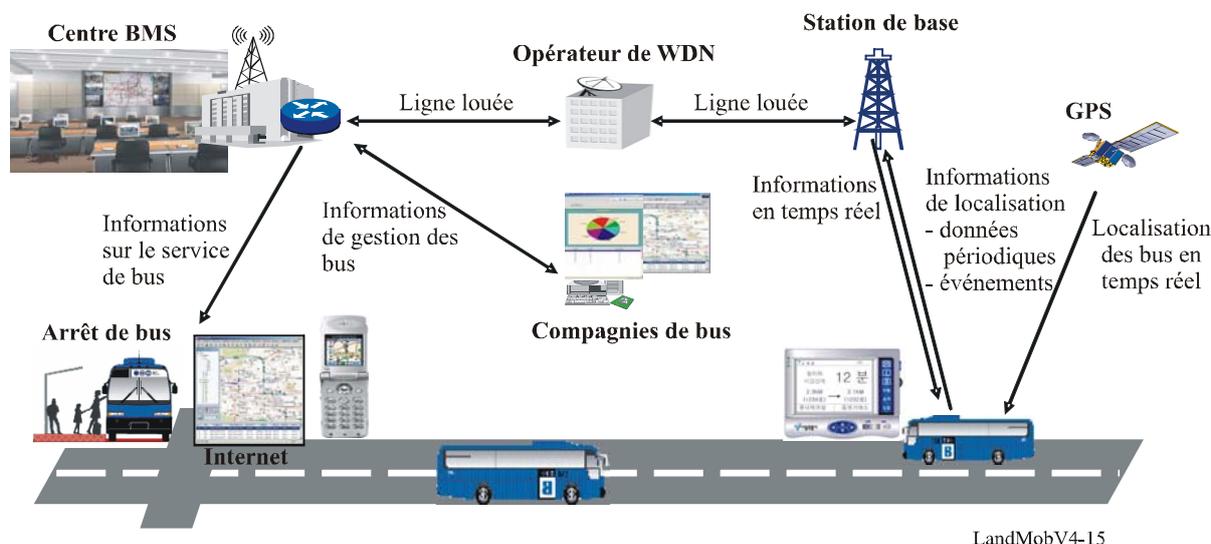
#### 3.3.4.1 Introduction

Séoul, capitale de la Corée, compte 10,3 millions d'habitants et environ 3 millions de véhicules, dont 7 600 bus empruntant 420 itinéraires sur une superficie de 605 km<sup>2</sup>. Les conditions de circulation à Séoul posent aujourd'hui divers problèmes. La mobilité des véhicules décroît fortement du fait des embouteillages toujours plus importants. Or une mauvaise mobilité a un effet négatif sur la productivité, entraîne un gaspillage d'énergie et provoque une augmentation des gaz d'échappement.

Le système BMS, Any-Bus I, est une des stratégies mises en place pour résoudre les problèmes de circulation dans les transports en commun. Il vise notamment à optimiser l'usage des bus par l'adaptation des horaires de circulation et à collecter des statistiques de trafic en temps réel en vue de la future stratégie de transport de la ville.

Le système BMS est composé d'un système central appelé «centre BMS», d'équipements terminaux, notamment des unités embarquées sur un total de 7 600 bus empruntant 420 itinéraires, et d'un réseau hertzien de communication de données en mode paquets entre les bus et le système central. L'ensemble de ces équipements est présenté à la Fig. 15.

FIGURE 15  
Configuration du BMS de Séoul



### 3.3.4.2 Réseau hertzien de données en mode paquets du système BMS

Le protocole RD-LAP (Radio Data-Link Access Protocol/protocole radioélectrique d'accès de liaison de données), dédié à la communication hertzienne de données, a été présenté en 1995. Les spécifications de ce protocole prévoient son usage exclusif pour la communication de données. Il a été mis en place en Corée en 1996 dans le cadre de plusieurs applications: gestion des stocks, contrôle à distance par télémesure des rampes de bord de route, etc. Il est aujourd'hui utilisé dans un système de transport intelligent et de gestion/information des bus.

Un réseau WDN utilisant le protocole RD-LAP est configuré comme suit:

- WNS (*Wireless Network Switch*/commutateur de réseau hertzien): gestion des données de l'abonné
- WNC (*Wireless Network Controller*/contrôleur de réseau hertzien): commande des stations de base
- Serveur d'enregistrement: gestion de la localisation de l'abonné
- NMS (*Network Monitoring System*/système de contrôle du réseau).

Les serveurs du système central du WDN communiquent entre eux via le protocole TCP/IP. Le système central (via le WNC) et les stations de base communiquent en utilisant le protocole HDLC (protocole de commande de liaison de données à haut niveau).

- *Caractéristiques de l'interface air du WDN*

Le WDN à 900 MHz se divise en une voie montante et une voie descendante avec une bande interdite de 45 MHz. Ces deux voies permettent à la station de base (entièrement en duplex) de communiquer avec le réseau et l'ensemble des mobiles (semi-duplex), c'est-à-dire les unités à bord des bus situés dans la zone de couverture. En ce qui concerne la puissance de sortie, la station de base a un p.i.r.e. de 3 W et le système embarqué de 1 W.

Une grande taille de cellule implique des retards de liaison dus à la longueur du trajet et des effets de masques (*shadowing*). Par conséquent, en tenant compte de la distance de réutilisation des fréquences et des caractéristiques de directivité en fréquence, le plan cellulaire a été redessiné: il a été prévu trois secteurs par station de base dans le centre de Séoul, de sorte que la qualité de fonctionnement des communications entre les bus et le système central BMS atteigne la valeur maximale de 99%. Les principales caractéristiques en fréquence sont indiquées au Tableau 2.

TABLEAU 2

**Spécification technique du réseau hertzien de données en mode paquets**

Objet	Observations
Bande de fréquences	Accès sortant: 938~940 MHz, accès entrant: 898~900 MHz
Canal, largeur de bande	60 canaux, 12,5 kHz/canal
Débit, modulation	9 600 bit/s, FSK à 4 niveaux, codage en treillis 3/4
sortie RF (p.i.r.e.)	En sortie: 3 W (entièrement en duplex), en entrée: 1 W (semi-duplex)

– *Caractéristiques fonctionnelles du WDN*

Par nature, ce WDN utilisant le protocole RD-LAP a été conçu exclusivement pour la communication de données. Du fait de ses multiples avantages (réponse en temps réel, connexion d'abonnés en simultané, qualité de fonctionnement pour la communication de données, etc.), il a été appliqué aux ITS. De ce point de vue, il présente d'importantes caractéristiques:

- pas de temps d'établissement des appels,
- 20 000 abonnés par station de base (2 000 abonnés par canal).

**3.3.4.3 Le système central du BMS de Séoul**

– *Sous-système de collecte de données*

Le traitement des informations de localisation obtenues par GPS produit des données périodiques et des données de type «événement», qui sont transmises à un système central par communication hertzienne de données en mode paquets. S'agissant des données périodiques, les informations, notamment la localisation actuelle et la vitesse moyenne du véhicule, sont transmises toutes les 20 secondes.

A l'arrivée à un arrêt ou au départ d'un arrêt, le bus est parfois confronté à des situations inhabituelles: accident, dysfonctionnement, etc. Dans ce cas, le conducteur envoie au système central une donnée de type «événement» par simple intervention sur l'unité embarquée.

– *Sous-système de traitement de données*

Plusieurs serveurs traitent les données recueillies afin d'estimer l'heure d'arrivée des bus aux arrêts ainsi que les intervalles de temps et de distance qui séparent chaque bus du bus qui le précède et de celui qui le suit. Ces données permettent de réaliser de nombreuses analyses statistiques, que le directeur du centre BMS utilise pour faire une analyse de tendance afin d'améliorer la planification des services.

– *Sous-système d'information*

Grâce aux informations de localisation, tous les conducteurs de bus peuvent maintenir entre eux des intervalles de desserte réguliers et respecter les horaires. Les usagers peuvent obtenir de nombreuses informations sur Internet, via leur téléphone portable ou leur PDA, mais aussi grâce aux panneaux d'information situés aux arrêts de bus. Sur Internet, les informations sont présentées sous divers formats selon les préférences ou les critères des utilisateurs.

**3.3.4.4 Les équipements terminaux du BMS de Séoul**

– *Terminal embarqué à bord des véhicules*

Le terminal se compose d'un contrôleur principal, d'une interface homme-machine (écran LCD de 5"), d'un récepteur GPS, d'un modem WDN et d'antennes (GPS et WDN). Il est possible d'installer une antenne dipôle de p.i.r.e. 1 W sur le toit du bus pour améliorer la sensibilité du récepteur de signaux RF. Les conducteurs peuvent recevoir des informations de circulation (par exemple des informations sur des accumulations de bus) et prendre des mesures correctives afin d'optimiser les parcours. Par ailleurs, une interface utilisateur tactile par menu, facile à utiliser, permet de contrôler le système.



– *Équipement terminal dans les arrêts de bus*

L'équipement à l'arrêt de bus peut prendre deux formes, selon l'espace disponible et la densité d'usagers: soit un affichage à base de LED sur poteau, soit un écran LCD (20") disposé dans l'abribus. Ces équipements traitent les données reçues du système central en temps réel et affichent avec une bonne visibilité non seulement les itinéraires précis, mais également les heures d'arrivée des prochains bus.



**3.3.4.5 Protocole entre les bus et le système central**

La trame de données applicative du BMS, d'une longueur maximale de 40 octets, consiste en un en-tête de trame, un corps de trame et une queue de trame. Elle est encapsulée par le modem WDN selon le protocole RD-LAP et transmise au système central par le réseau WDN. 52 codes d'opération sont réservés à l'application PTIS.

TABLEAU 3

**Format des messages encapsulés par le protocole RD-LAP**

Encapsulé par le protocole RD-LAP du WDN						
En-tête				Corps	Queue	
STX	ID de l'appareil	Code opération	Longueur	Données	Checksum	ETX

**3.3.5 Différents modèles de systèmes d'information et de gestion des bus**

Comme indiqué ci-dessus, plusieurs réseaux de communication ont été développés en Corée pour répondre aux différents besoins des clients. Chaque réseau est conçu en fonction des coûts d'installation de la station de base, des coûts de communication, de la fiabilité du système, etc.

Le modèle Any-Bus I dispose de la localisation par GPS et de liaisons de communication par WDN. Ce modèle est en place dans les villes de Séoul, Suwon et Anyang. La région de Séoul bénéficie du système BIS le plus étendu.

Le modèle Any-Bus II est un modèle auxiliaire qui repose sur un réseau local maillé sans fil ou sur des balises hertziennes. Il est principalement utilisé au cœur des centres-villes. Lorsque les pouvoirs locaux municipaux se chargent de l'installation des réseaux à titre privé, le réseau local maillé sans fil permet d'effectuer une détection spot et de communiquer avec le système central sans coût de communication supplémentaire. Le réseau maillé possédant des caractéristiques de routage au niveau des terminaux mobiles, le modèle Any-Bus II peut facilement former un réseau *ad hoc* sans connexion filaire.

Le modèle Any-Bus III dispose de la localisation par GPS et d'un réseau local sans fil, et utilise, à la place du WDN, les réseaux numériques cellulaires existants. Ce modèle est bien adapté aux villes de petite taille ne possédant pas de réseau WDN.

### 3.4 Radiodiffusion FM

#### 3.4.1 DARC

Le système DARC (*DA*t*A* *RA*d*IO* *CH*annel/canal de radiodiffusion de données) par sous-porteuse FM a été développé pour offrir des services de transmission de données, y compris des informations de circulation. Il est couramment utilisé en tant que système de premier plan pour la transmission de données de circulation et d'information aux voyageurs en Corée, au Japon et dans quelques pays européens.

Bien qu'elle soit autorisée à utiliser 100 kHz en bande de base pour transmettre les signaux stéréophoniques, la radiodiffusion FM n'utilise en réalité que 53 kHz. Les fréquences non allouées comprises entre 53 et 100 kHz peuvent donc être utilisées pour d'autres services: transmission stéréophonique ou transmission de données numériques. Il y a plusieurs façons d'utiliser ces fréquences excédentaires, notamment le R(B)DS (*RA*d*IO*(*B*) *DA*t*A* *SY*stems) et le DARC. Le R(B)DS offre un débit de transmission peu élevé de 1 187,5 bits/s, et le DARC un débit élevé de 16 kbit/s. La Fig. 16 présente le spectre en bande de base de la radiodiffusion FM stéréo avec les signaux RDS et DARC. Les caractéristiques du DARC et du RDS figurent au Tableau 4.

FIGURE 16  
Spectre en bande de base de la radiodiffusion FM stéréo

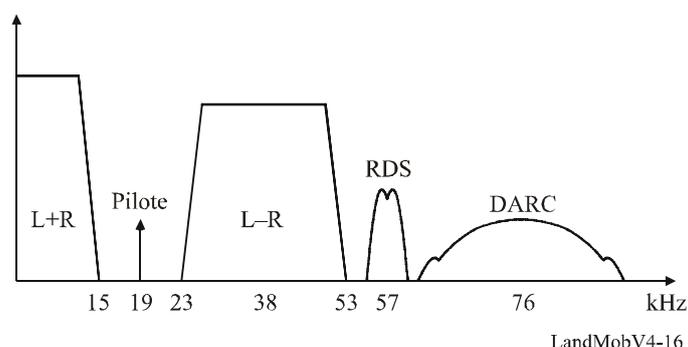


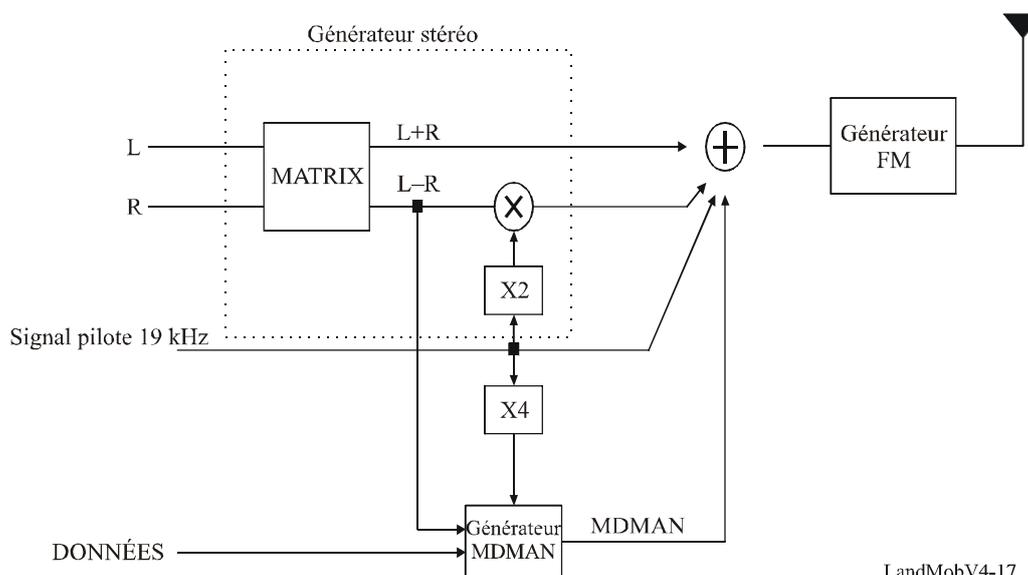
TABLEAU 4

**Caractéristiques DARC et RDS**

	<b>DARC</b>	<b>RDS</b>
Fréquence de la sous-porteuse	76 kHz	57 kHz
Niveau de la sous-porteuse	Selon le niveau des signaux G-R (4-10%)	Fixe 1,3-10% (2,7%)
Débit de données	16 kbit/s	1 187,5 bit/s
Type de modulation	MDMAN	MDP 2 phases
Type de correction d'erreurs	code produit (272,190)	Code cyclique raccourci (26,16)

Dans le système DARC, la transmission de données s'effectue en ajoutant, par modulation MDMAN (modulation par déplacement minimal avec asservissement de niveau), des données numériques aux signaux stéréophoniques en bande de base FM. La modulation MDMAN contrôle le niveau d'injection des données en fonction du niveau des signaux audio du canal FM et permet de réduire le taux d'erreurs sur les données. Le signal stéréophonique ne doit pas être dégradé par l'injection de données. Dans la méthode DARC, le niveau des données représente entre 4% et 10% du niveau du signal stéréophonique, les brouillages entre les signaux audio et les signaux DARC étant minimisés par la modulation MDMAN. Dans le cas pratique étudié, un signal de données DARC est injecté à hauteur de 10%, conformément aux Recommandations de l'UIT-R et sans brouillage du signal stéréophonique.

FIGURE 17  
Système DARC FM



LandMobV4-17

### 3.5 Tendances futures

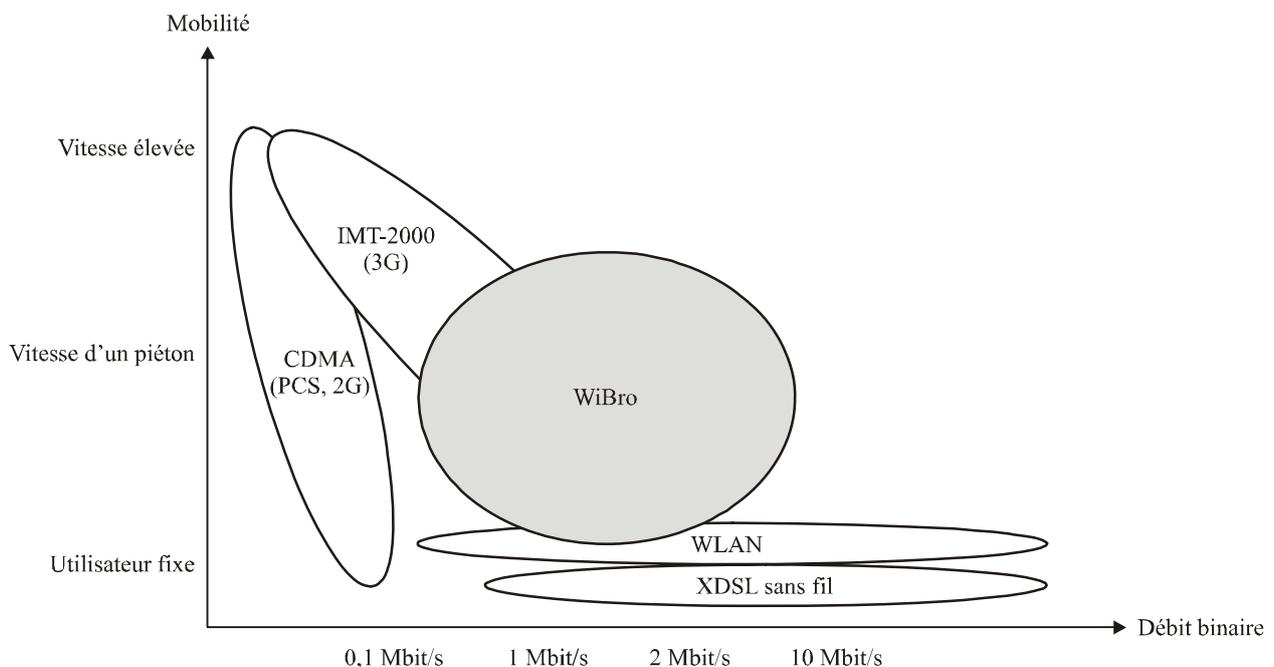
#### 3.5.1 WiMAX mobile (WiBro)

##### 3.5.1.1 Description

WiBro (Wireless Broadband/haut débit sans fil) est la norme développée par la TTA (Telecommunications Technology Association) pour les systèmes de communication de données hertziens fondés sur IP en Corée du Sud. WiBro a été conçu pour répondre aux besoins d'un accès transparent à Internet même lorsque l'utilisateur est en mouvement. Une bande de fréquences dédiée, centrée sur 2,3 GHz, a été allouée en 2002. La norme est en vigueur depuis juin 2003. En juin 2004, la TTA a normalisé la phase I de WiBro, qui offre un débit de données de crête de 30 Mbit/s. La Fig. 18 situe les débits binaires et les caractéristiques de mobilité de WiBro par rapport à d'autres systèmes de communication sans fil.

FIGURE 18

Positionnement de WiBro



LandMobV4-18

Les principales caractéristiques de WiBro sont les suivantes:

- Duplex par répartition dans le temps (DRT)
- Accès multiple avec OFDMA
- Bande de fréquences: 2,3-2,4 GHz
- Largeur de bande des canaux: 10 MHz
- Facteur de réutilisation des fréquences: 1
- Efficacité spectrale sens descendant/sens montant: 2/1 en moyenne et 6/2 au maximum

- Longueur de trame: 5 ms avec une taille de FFT de 1 024
- Codage de canal avec turbo-code de convolution
- Modulation MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 (liaison descendante seulement)
- Débit de transfert de données asymétrique (liaison montante: 128 kbit/s ~ 1 Mbit/s, liaison descendante: 512 kbit/s ~ 3 Mbit/s)
- Environnement: utilisateur nomade, piéton, véhicule roulant à moyenne vitesse
- Transfert automatique intercellulaire (*hard handover*)
- Prise en charge de la mobilité IP par IPv4/v6 mobile
- Sécurité via EAP et Diameter/Radius
- Différents types de terminaux utilisateur (ordinateur bloc-notes, PDA, téléphone intelligent).

WiBro est un sous-ensemble de la norme IEEE 802.16. Le ministère coréen de l'Information et de la Communication a choisi trois prestataires de services et leur a accordé des licences afin qu'ils commencent l'exploitation commerciale. Ces prestataires sont tenus de démarrer le service avant octobre 2006.

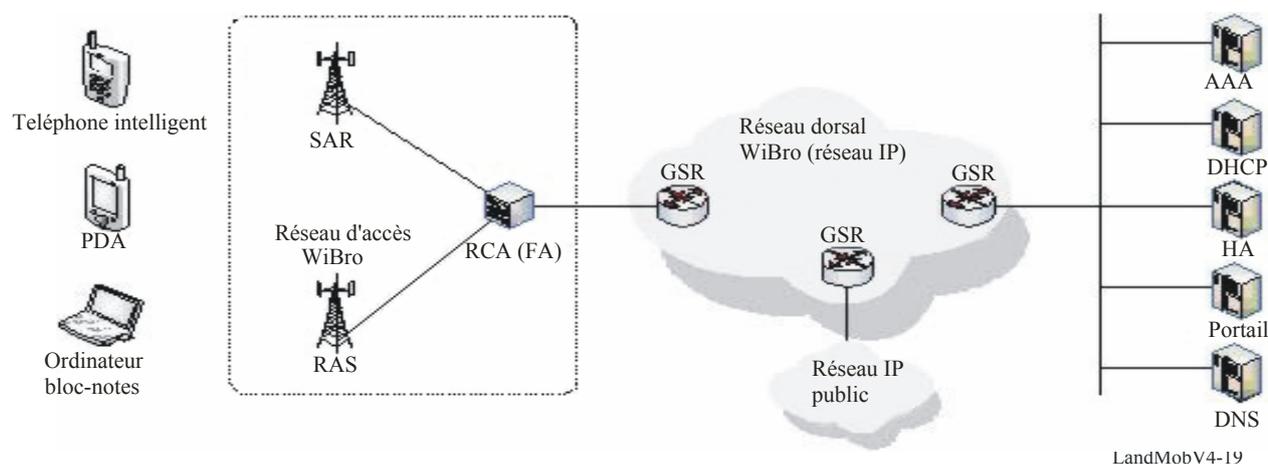
### 3.5.1.2 Configuration système

L'architecture de WiBro en tant que réseau d'accès est relativement simple. Le réseau d'accès se compose de stations d'accès radio (SAR) et d'un routeur de contrôle d'accès (RCA). Une SAR fait office de point d'accès hertzien pour le terminal d'accès d'un utilisateur, appelé station abonné portable (SAP), et contrôle les accès multiples au médium. Grâce à des antennes directionnelles, une SAR peut couvrir jusqu'à 3 secteurs et un rayon de presque 500 m dans les environnements urbains à forte densité. La zone est classiquement couverte par une architecture de type cellulaire.

Le RCA a pour rôle, d'une part, d'agréger les flots de données provenant de plusieurs SAR et, d'autre part, d'acheminer les données vers les SAR. Dans le cas d'IPv4 mobile, le RCA offre les fonctions d'un agent étranger IP mobile (ou FA pour *Foreign Agent*). Comme son nom l'indique, le RCA joue également le rôle de routeur vis-à-vis du réseau dorsal. Dans le cas d'un réseau dorsal IP, l'ensemble du trafic des données utilisateur est acheminé à destination et en provenance des SAR par le biais d'adresses IP.

FIGURE 19

### Configuration système WiBro



### 3.5.1.3 Services clés

WiBro peut prendre en charge tous les types de service reposant sur IP. Grâce à son architecture réseau «tout IP» et son débit élevé, il offrira aux utilisateurs un meilleur accès sans fil à Internet. MMS et la messagerie multimédia instantanée sur protocole SIP constitueront un service de base. En outre, VoIP sera adoptée comme la technologie de base pour la communication vocale et le PTT (de l'anglais *Push-To-Talk* ou utilisation du téléphone portable en semi-duplex à la façon d'un talkie-walkie). Le xOD, le LBS (service fondé sur la localisation) et la télématique seront proposés comme des services supplémentaires répondant aux besoins spécifiques et personnalisés des usagers. La caractéristique la plus remarquable de WiBro sera sa capacité à faire converger différents services, par exemple ceux offerts par la DMB (radiodiffusion multimédia numérique satellitaire/terrestre), l'AMRC ou encore le WLAN.

### 3.5.1.4 Les ITS utilisant WiBro

Selon les prévisions, WiBro deviendra le premier système utilisé pour la transmission d'informations d'aide à la conduite (informations sur la circulation en temps réel, informations de navigation, etc.), tout particulièrement au format multimédia. A mesure du déploiement des infrastructures de collecte et de traitement des données sur la circulation, notamment pour les applications telles que les boucles locales, les communications spécialisées à courte distance, la télévision en circuit fermé et les véhicules à capteurs, il devient de plus en plus nécessaire de disposer d'un système efficace de transmission des informations dans un environnement composé de véhicules. De plus, les besoins des utilisateurs en termes de volume et de qualité des informations à transmettre allant grandissant, les débits et les coûts de transfert sont aujourd'hui les éléments à examiner en priorité lors du choix des systèmes de données hertziens.

Dans cette future convergence des ITS, des LBS et de la télématique, les ITS auront pour rôle principal la collecte des informations sur la circulation et le transport, les LBS occuperont une place de premier ordre en matière de localisation et la télématique jouera un rôle essentiel en ce qui concerne le transfert des données. Le GPS sera largement utilisé pour la localisation, tout particulièrement l'AGPS (GPS assisté) embarqué dans le terminal utilisateur. Pour compenser les limites de couverture des services et de mobilité des terminaux utilisateur, on pourra envisager d'utiliser des terminaux bibandes et bimodes intégrant l'AMRC.

## 3.5.2 T-DMB

La T-DMB (radiodiffusion multimédia numérique terrestre) est un nouveau service de radiodiffusion multimédia mobile, qui permet d'accéder à des contenus multimédias quel que soit l'environnement: véhicules, bâtiments, souterrains. Ce service offre également une qualité CD audio et divers services numériques, tel l'accès à des informations de trafic et des informations aux voyageurs, gratuitement ou pour une somme modique.

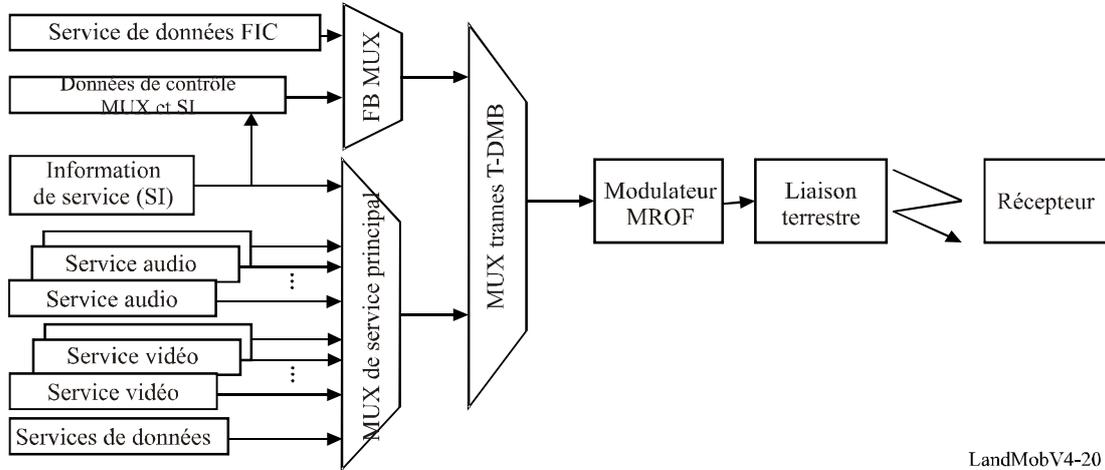
### 3.5.2.1 Technologie T-DMB

La largeur de bande de la T-DMB est de 1 536 MHz dans la bande VHF et la méthode de modulation est la MDP-4 à codage différentiel avec déphasage de  $\pi/4$  (méthode de transmission des données dans laquelle chaque symbole conserve son niveau de tension, sa phase étant calculée en ajoutant  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  et  $270^\circ$  ou  $0^\circ+45^\circ$  ( $\pi/4$ ),  $90^\circ+45^\circ$ ,  $180^\circ+45^\circ$  et  $270^\circ+45^\circ$  à la phase du symbole précédent).

Le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) est une méthode de transmission consistant à moduler et à multiplexer les signaux sur un grand nombre de sous-porteuses orthogonales. Le système T-DMB se compose de l'extrémité émission et de l'extrémité réception. L'extrémité émission se compose de plusieurs éléments, notamment un dispositif d'entrée des signaux audio, vidéo et de données, un multiplexeur, un générateur de signal MROF et une liaison terrestre.

FIGURE 20

Configuration système du service T-DMB

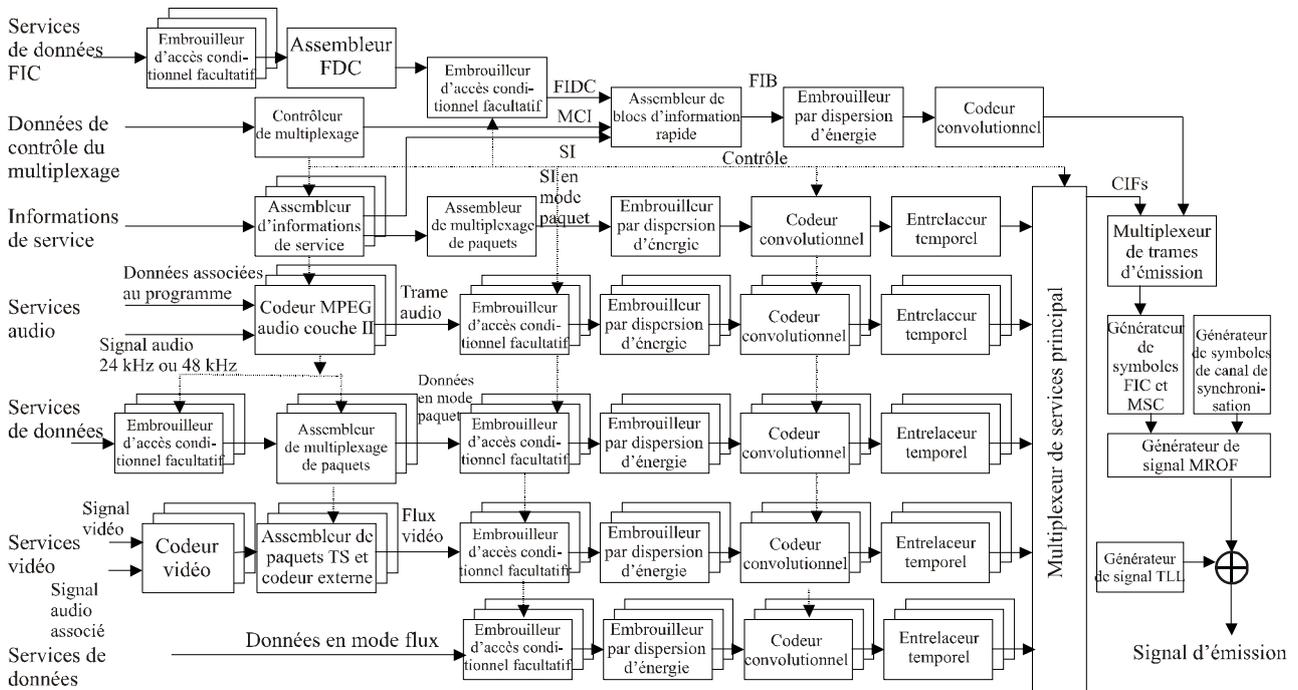


LandMobV4-20

Les mécanismes généraux de transport utilisés dans le système T-DMB pour la transmission des services vidéo, audio et de données sont conformes à la clause 5 «Mécanismes de transport» de la norme ETSI EN 300 401 V1.3.3. La Fig. 21 illustre les mécanismes de transport de base.

FIGURE 21

Diagramme fonctionnel du mécanisme de transport de la T-DMB



LandMobV4-21

La trame de transport des signaux T-DMB se compose de trois canaux: 1) le canal de synchronisation (SC); 2) le canal d'information rapide (FIC); et 3) le canal de services principal (MSC). Le FIC, composé de blocs d'information rapide (FIB), a pour fonction principale d'acheminer les informations de contrôle nécessaires à l'interprétation de la configuration du MSC. Ces informations de contrôle sont essentiellement constituées des informations de configuration de multiplexage (MCI), qui contiennent des données sur la structure de multiplexage et, le cas échéant, sur sa reconfiguration. Autres types de données éventuellement intégrés au FIC: informations de service (SI), informations de gestion de l'accès conditionnel (CA) et canal de données d'information rapide (FIDC). De façon à répondre rapidement et sans risque d'erreur aux MCI, le FIC est transmis sans entrelacement temporel, mais avec un haut niveau de protection contre les erreurs de transmission.

Deux modes de transport différents sont définis pour les composantes de service du MSC: le mode flux et le mode paquets. Le mode flux offre une transmission transparente de la source vers la destination à débit binaire fixe dans un sous-canal donné. Le mode paquets permet de transporter plusieurs composantes dans un unique sous-canal. Chaque sous-canal peut acheminer une ou plusieurs composantes de service.

### **3.5.3 DVB-H**

DVB-H (radiodiffusion vidéonumérique sur dispositif portable) est une sous-classe des systèmes multidiffusion multimédia mobile de Terre<sup>1</sup> (TM3) qui repose sur la technologie de radiodiffusion vidéonumérique sur dispositif portable. Cette technologie permet aux usagers/abonnés d'utiliser des services multimédias à l'intérieur ou à l'extérieur de leur véhicule, du train ou d'autres moyens de transport terrestre. Elle offre en outre une qualité CD audio et la possibilité de prendre en charge divers services d'information.

#### **3.5.3.1 Technologie DVB-H**

A l'origine, cette technologie a été normalisée par l'ETSI. Le sous-comité d'ingénierie TR-47.2 du comité TM3 de la TTA œuvre aujourd'hui au développement et à la maintenance de normes de liaison descendante pour les systèmes TM3 reposant sur la technologie de dispositifs DVB-H développée par l'ETSI.

Ces normes, destinées aux utilisateurs et aux fournisseurs, visent à encourager le recours à des systèmes compatibles et interopérables, qui répondent aux exigences de multidiffusion audio, vidéo et de données par une large gamme de services publics et commerciaux.

### **3.5.4 FLO**

FLO (*Forward Link Only*/liaison aval uniquement) est une sous-classe des systèmes TM3 (multidiffusion multimédia mobile de Terre) qui permet d'optimiser la qualité de fonctionnement en adaptant la méthode de transport aux spécifications de service. IP n'est donc pas utilisé comme méthode de transport de la vidéo en continu, mais figure en tant qu'option pour le transport d'autres services. Cette technologie permet aux usagers/abonnés d'utiliser des services multimédias à l'intérieur ou à l'extérieur de leur véhicule, du train ou d'autres moyens de transport terrestre. Elle offre en outre une qualité CD audio et la possibilité de prendre en charge divers services d'information.

---

<sup>1</sup> Communication audio ou vidéo en simultanée pour un certain groupe de destinataires multiples, ou communication bidirectionnelle (vidéoconférence, téléconférence ou courriel).

### **3.5.4.1 Technologie FLO**

Cette technologie est actuellement élaborée et normalisée par le comité d'ingénierie TR-47.1 de la TIA. Le TM3 (multidiffusion multimédia mobile de Terre) œuvre au développement et à la maintenance de normes de liaison descendante pour les systèmes TM3 reposant sur la technologie FLO. Cette sous-classe TM3 présente, entre autres, les caractéristiques suivantes:

- conception spécifique;
- haute efficacité spectrale;
- services multiples et simultanés;
- modulation en couches;
- prise en charge des services en couches;
- codage évolué;
- méthodes de transport personnalisées, non limitées à l'encapsulation IP;
- multiplexage statistique de services à débit variable;
- audio, vidéo et données de qualité;
- protection du contenu;
- plusieurs zones de couverture (locales et étendues) dans un seul canal radiofréquence;
- prise en charge de différentes qualités de service (QoS) pour différents services à l'intérieur d'un même canal radiofréquence;
- prise en charge de différentes QoS pour différentes composantes à l'intérieur d'un même service;
- temps de commutation rapide entre services;
- consommation en puissance minimale au niveau du récepteur sans sacrifier la qualité de la diversité temporelle ni la vitesse de commutation de service, indépendamment du débit de service;
- structure de trame déterministe s'appuyant sur un signal de synchronisation temporelle tel que le signal GPS.

Ces normes, destinées aux utilisateurs et aux fournisseurs, visent à encourager le recours à des systèmes compatibles et interopérables qui répondent aux exigences de multidiffusion audio, vidéo et de données par une large gamme de services publics et commerciaux.

### **3.5.5 Système automatique d'avertissement de collision (ACN)**

#### **3.5.5.1 Objectifs du service**

- Offrir une fonction d'appel d'urgence en cas de collision de véhicules.
- Offrir un service de transmission de messages automatiques en provenance du véhicule, composés uniquement de données.
- Offrir la possibilité d'envoyer un message de données ACN immédiatement, sans délai d'enregistrement auprès d'un réseau cellulaire.
- Eliminer le délai d'établissement d'un appel vocal.
- Lever les obstacles dus à la langue.

- Lever les obstacles, entre autres, de communication avec les occupants d'un véhicule accidenté, qui ne seraient pas en mesure de parler ou ne se trouveraient éventuellement plus dans le véhicule.
- Accélérer la réception de ces données par le centre téléphonique de sécurité publique (PSAP), afin de réduire les délais d'intervention des services d'urgence, qui doivent disposer d'un matériel adapté au type de la collision signalée.
- Fonctionner sur tout média disponible à grande échelle.

### **3.5.5.2 Caractéristiques des équipements ACN**

- Fiabilité et qualité requises par un équipement automobile: elles dépassent la fiabilité et la qualité «au meilleur effort», qu'on attend généralement d'un service de téléphonie portable de type commercial.
- Equipement très robuste embarqué à bord de véhicules (un téléphone portable classique pourrait ne pas supporter une collision).
- Robustesse et capacité à supporter les collisions.
- Capacité à migrer vers différents médiums sans fil (par le biais de communications hertziennes commandées par logiciel, via le remplacement de modules de communication ou autres dispositifs analogues):
  - fonctionnement garanti sur la durée de vie du véhicule et caractérisé par une grande robustesse,
  - fonctionnement garanti pendant au moins 20 ans après la vente du véhicule.
- Pérennité des communications de données ACN des véhicules: elles doivent toujours être opérationnelles après un changement de technologie hertzienne:
  - L'unité de communication de données du véhicule doit pouvoir s'adapter à de nouveaux médias de communication.
  - Le transpondeur doit, de préférence, essentiellement reposer sur du logiciel de façon à permettre le téléchargement par voie hertzienne de nouveaux protocoles de communication et, partant, dispenser de modifications matérielles coûteuses.
- Caractéristiques de l'antenne: sélection des fréquences à partir de commandes logicielles (les technologies cognitives émergentes peuvent éventuellement répondre aux besoins des équipements radio).

### **3.5.5.3 Aspects commerciaux des systèmes ACN**

- Coûts de l'équipement et des services (sur toute la durée de vie de l'équipement) intégrés au prix des nouveaux véhicules.
- Equipement embarqué robuste mais basique, produit en série.
- Faibles coûts de fonctionnement permettant une utilisation sans paiement périodique.

### **3.5.5.4 Questions relatives au transport des messages ACN sur les réseaux cellulaires**

De façon à réduire le surdébit dû au réseau lorsque des messages ACN sont envoyés via un réseau cellulaire, le véhicule n'enregistre son unité de communication sur le réseau que dans les cas suivants:

- lorsqu'il doit envoyer un message;
- lorsqu'il est prévenu qu'un message entrant est en attente.

Il convient également de noter que:

- les messages de données ACN doivent être traités même si l'unité de communication ne s'est pas enregistrée auprès d'un réseau cellulaire;
- un message de données ACN doit être envoyé immédiatement, sans délai d'enregistrement auprès d'un réseau cellulaire;
- dans les zones reculées, il doit être possible d'utiliser la communication satellitaire (conformément à des accords commerciaux locaux et à des réglementations locales) pour envoyer des messages de données ACN.

### 3.5.6 Internet à bord de véhicules

Disposer d'Internet à bord de véhicules présente plusieurs intérêts: accès direct à Internet pour les occupants du véhicule via des terminaux embarqués, mais également utilisation par des systèmes de sécurité, de navigation et de surveillance de la circulation, maintenance en ligne ou encore transmission de données sur le moteur et autres équipements à des entreprises de maintenance.

Pour ce qui concerne les communications cellulaires 2,5G et 3G, des protocoles tels que ceux déjà élaborés ou en cours d'élaboration par le 3GPP spécifient ou spécifieront les modalités d'accès à Internet à large bande à bord de véhicules. En ce qui concerne l'accès sans fil à large bande mobile, les normes IEEE 802.16, IEEE 802.20 et HC-SDMA (accès multiple par répartition spatiale à haute capacité) définissent comment Internet peut être directement intégré dans les véhicules. Il sera nécessaire de spécifier comment les autres médiums prennent en charge ce service. A noter que les services Internet, pour leur part, sont indépendants du médium.

FIGURE 22

Internet à bord d'un véhicule



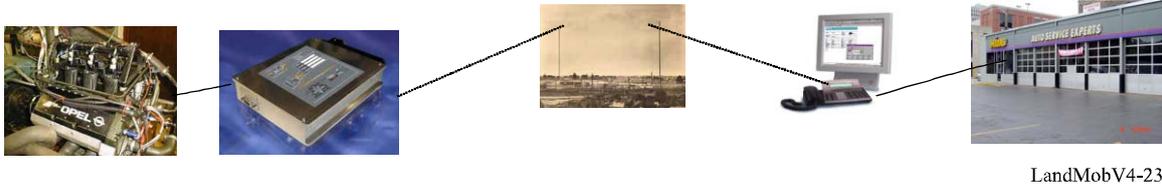
LandMobV4-22

### 3.5.7 Maintenance à distance

Les constructeurs automobiles s'intéressent de près à la maintenance à distance. Cette pratique est en effet susceptible de réduire de façon significative les coûts de rappel de véhicules ainsi que les coûts de maintenance. De nombreux constructeurs peuvent aujourd'hui accéder par liaison câblée aux ordinateurs de bord et aux systèmes de gestion du moteur. On peut envisager que ces opérations s'effectuent par tout moyen de communication pris en charge par le véhicule - pour autant que les conditions de sécurité soient respectées - et que la maintenance soit commandée par logiciel alors que le véhicule circule. Inutile, dès lors, d'apporter le véhicule dans un garage.

FIGURE 23

**Maintenance pendant que le véhicule circule**



De tels services ne constituent pas un avantage pour le seul conducteur, mais également pour le constructeur, qui peut télécharger des correctifs logiciels et ainsi limiter les rappels de véhicules, lesquels représentent un coût élevé et fragilisent son image.

### **3.5.8 PMV à bord de véhicules**

Les panneaux à messages variables (PMV) sont aujourd'hui utilisés dans la plupart des pays développés. Presque tous ont déjà mis en place l'infrastructure nécessaire pour les tenir à jour. Ces panneaux posent cependant divers problèmes: coûts de construction et de maintenance très élevés, altération esthétique du paysage naturel et urbain, etc. Il serait envisageable d'utiliser les technologies des infrastructures ITS locales existantes ou de simples points de diffusion déjà en place pour transmettre des messages PMV directement dans des véhicules dotés de capacités de communication en continu et équipés d'un écran. Une telle configuration permettrait de réduire les coûts et d'améliorer la mise à jour des messages.

### **3.5.9 Navigation par satellite avec évitement des encombrements**

Il existe déjà des systèmes associant la navigation par satellite et la technologie cellulaire pour le transport des informations de circulation, principalement en Corée, mais aussi en Europe, où ils ont été mis en place plus récemment (voir par exemple le service «TomTom GO»). Ces services, qui s'appuient aujourd'hui sur la communication cellulaire, pourraient également utiliser les accès hertziens mobiles à large bande, à mesure que ces derniers sont déployés. Les fonctions de communication de ces services étant axées sur les données, elles peuvent s'appuyer sur tout médium pris en charge par le véhicule. L'utilisation d'un accès Internet embarqué permettrait de réduire considérablement le coût de ces services et d'augmenter la valeur ajoutée qu'ils représentent pour les constructeurs et les consommateurs.

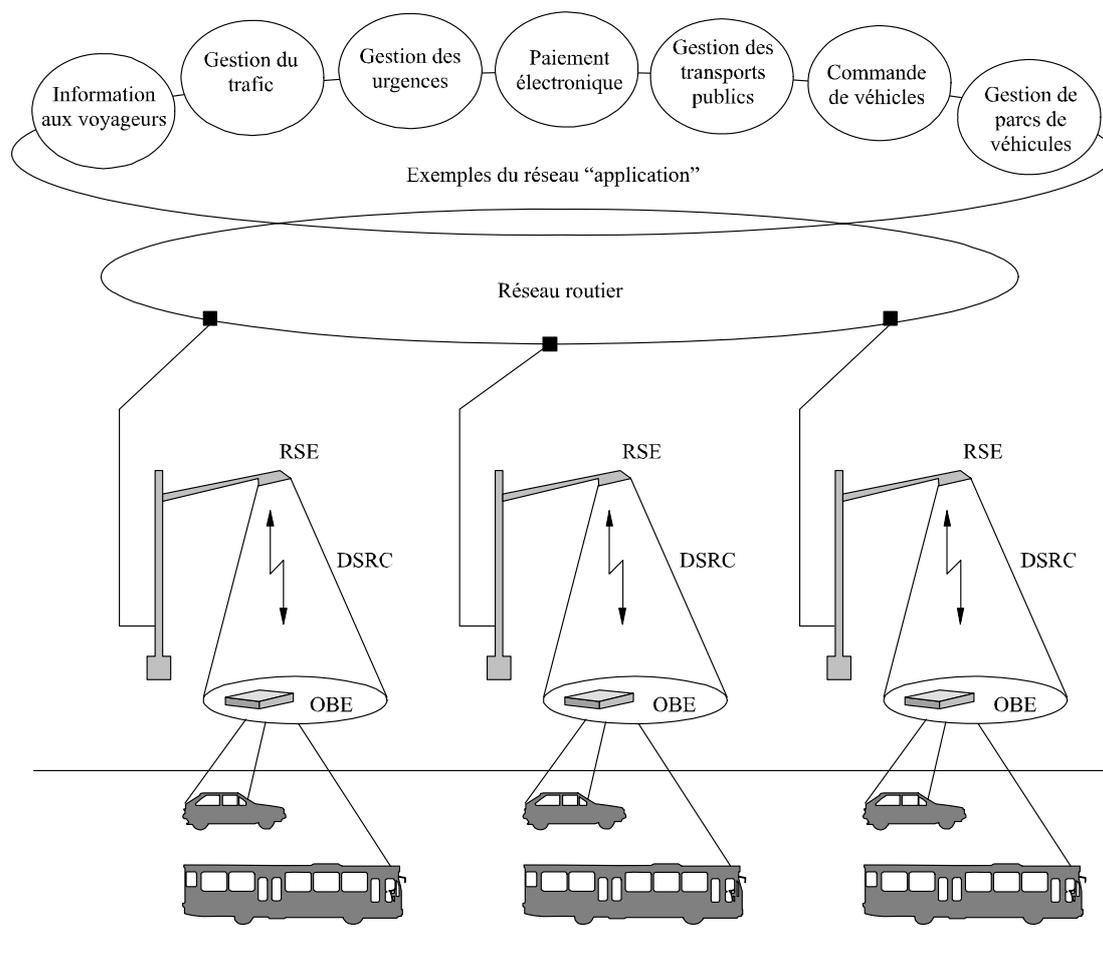
## CHAPITRE 4

### COMMUNICATIONS SPÉCIALISÉES À COURTE DISTANCE

#### 4.1 Introduction

Les DSRC (*Dedicated Short Range Communication*) désignent des techniques de communications spécialisées à courte distance entre une infrastructure pararoutière (c'est-à-dire située sur le bord de la route) et des véhicules ou des plates-formes mobiles. Les DSRC, sur lesquelles reposent plusieurs applications ITS, utilisent des techniques de radiocommunication non vocales pour transférer des données sur de courtes distances entre des systèmes pararoutiers et des unités radioélectriques mobiles en vue d'améliorer le flux de trafic et la sécurité routière et d'exécuter d'autres services de transport intelligents dans divers environnements publics et commerciaux. Parmi les services DSRC, on peut citer les systèmes de commande de véhicules, les systèmes de gestion du trafic, les systèmes d'information aux voyageurs, les systèmes de gestion des transports publics, les systèmes de gestion de parcs de véhicules, les systèmes de gestion des urgences et les services de paiement électronique.

FIGURE 24  
Interrelation entre le DSRC et les réseaux de communications ITS



OBE: Equipement de bord  
RSE: Equipement pararoutier

LandMobV4-24

On distingue généralement trois types de communication véhicule-système pararoutier: ponctuel, continu et étendu. Les DSRC s'effectuent sur des liaisons de communication radioélectriques de type ponctuel. La technologie DSRC est jugée efficace pour des systèmes comme la PEP (perception électronique de péage) et la navigation. Les systèmes DSRC possèdent les caractéristiques suivantes:

- communication sur zone restreinte: les communications ne sont possibles que sur des zones limitées;
- communication de courte durée: les communications ne sont possibles que pendant des durées limitées.

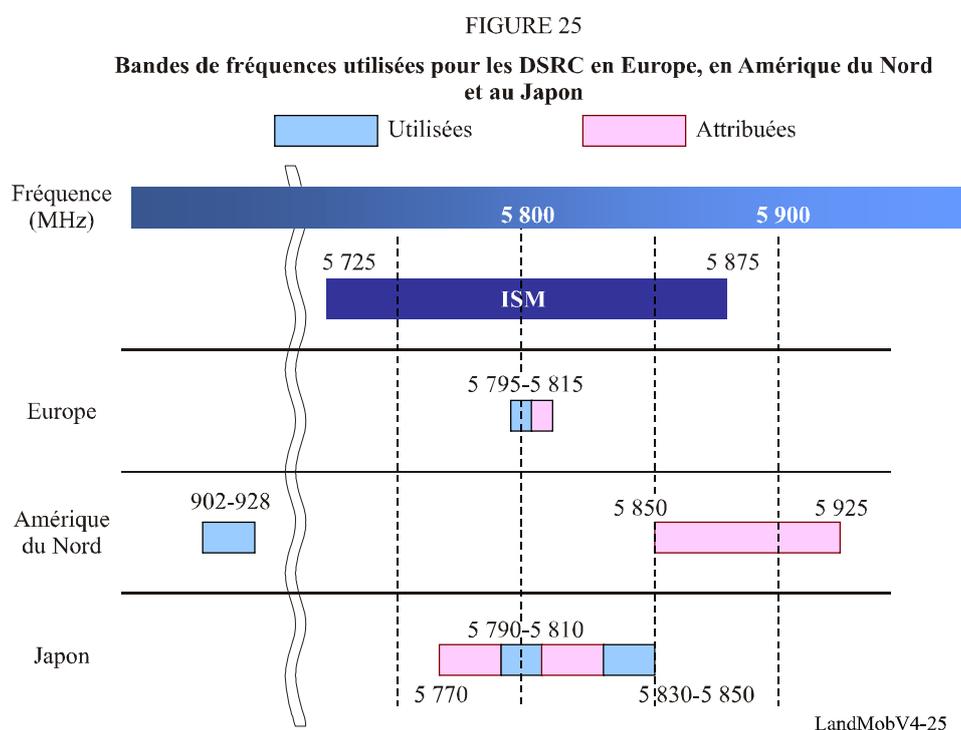
Les deux principaux composants des systèmes DSRC sont l'OBE et le RSE.

**OBE (on-board equipment/équipement de bord):** cet équipement est fixé à proximité du tableau de bord ou sur le pare-brise du véhicule. Il est composé, entre autres, de circuits de radiocommunication et d'un circuit de traitement applicatif. Il possède généralement une interface homme-machine, composée notamment de boutons, d'écrans et d'un avertisseur sonore.

**RSE (roadside equipment/équipement pararoutier)**: cet équipement 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 se compose, entre autres, de circuits de radiocommunication et d'un circuit de traitement applicatif. Il est généralement relié au système pararoutier pour l'échange de données.

Pour assurer l'échange de données entre l'équipement OBE d'un véhicule et un équipement RSE, les systèmes DSRC reposent sur la transmission de signaux radioélectriques. L'échange de données doit être hautement fiable et confidentiel, car il peut notamment porter sur des transactions financières.

La Fig. 25 présente les bandes de fréquences utilisées pour les DSRC en Europe, en Amérique du Nord et au Japon. Dans toutes les régions, l'utilisation actuelle des bandes de fréquences s'harmonise autour de la bande ISM (industrielle, scientifique et médical) des 5,8 GHz, à l'exception de l'Amérique du Nord qui utilise la bande des 900 MHz (902-928 MHz).



Le présent Manuel expose les technologies et les caractéristiques relatives aux DSRC dans la bande des 5,8 GHz et vient compléter la Recommandation UIT-R M.1453-2 - Système de transport intelligents - Communications spécialisées à courte distance à 5,8 GHz. Il existe deux méthodes de communication DSRC: la méthode active (émetteur-récepteur) et la méthode passive par rétrodiffusion (transpondeur). Les deux méthodes, utilisées avec succès dans des services existants de type DSRC, sont recommandées dans la Recommandation UIT-R M.1453-2 et décrites dans le présent Manuel.

## 4.2 Système DSRC européen et applications

### 4.2.1 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, remplacée par la Décision ECC (02)01, laquelle est entrée en vigueur le 15 mars 2002.

Sur la base de la Décision de l'ECC, 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 sur 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 (*Open Systems Interconnection*) pour les applications RTTT (*road transport and traffic telematics*/télématique du transport routier et de la circulation). 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 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.

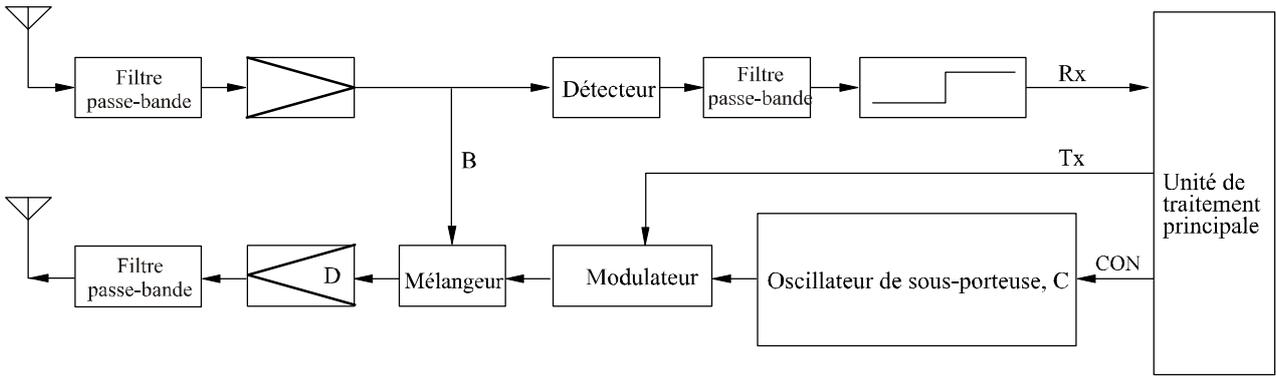
## **4.2.2 Caractéristiques techniques**

### **4.2.2.1 Méthode passive par rétrodiffusion**

Les systèmes DSRC européens adoptent 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 pararoutier. Le schéma fonctionnel de la Fig. 26 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: classiquement jusqu'à 10 ou 20 m 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.

FIGURE 26  
Configuration classique d'une OBE utilisant la méthode passive par rétrodiffusion

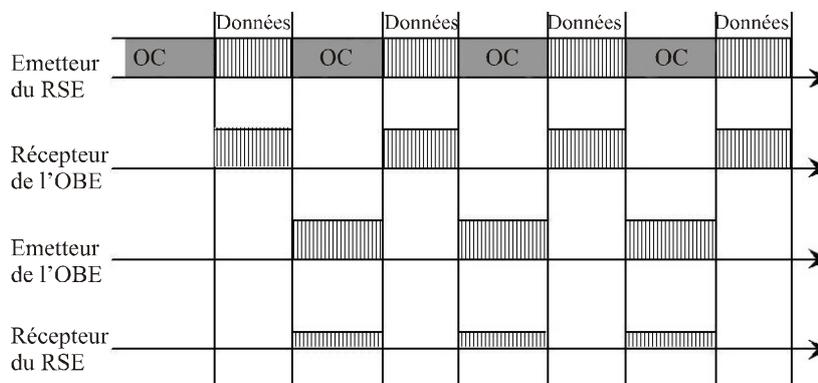


LandMobV4-26

La méthode passive par rétrodiffusion se caractérise principalement par une zone de communication étroite, classiquement jusqu'à 10 ou 20 m 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: PEP, identification automatique de véhicules, etc. Autre particularité de la méthode passive par rétrodiffusion: la simplicité de la structure de l'OBE et, partant, les faibles coûts de fabrication.

La Fig. 27 présente le chronogramme d'émission du RSE et de l'OBE et la Fig. 28 les spectres d'émission du RSE et de l'OBE dans le cas de la méthode passive par rétrodiffusion.

FIGURE 27  
Chronogramme de transmission dans la méthode passive par rétrodiffusion

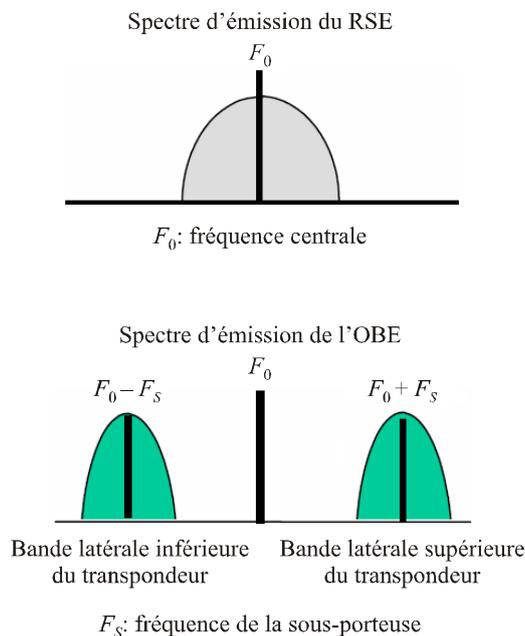


OC: onde continue

LandMobV4-27

FIGURE 28

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



LandMobV4-28

**4.2.2.2 Caractéristiques techniques de la méthode européenne par rétrodiffusion**

Le Tableau 5, extrait de la Recommandation UIT-R M.1453-2, présente les caractéristiques techniques de la méthode européenne par rétrodiffusion (transpondeur). Cette Recommandation réunit dans une seule Recommandation la norme européenne «débit binaire moyen» (CEN EN 12253) et la norme italienne «débit binaire élevé».

TABLEAU 5

**Méthode par rétrodiffusion (transpondeur): caractéristiques**

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)

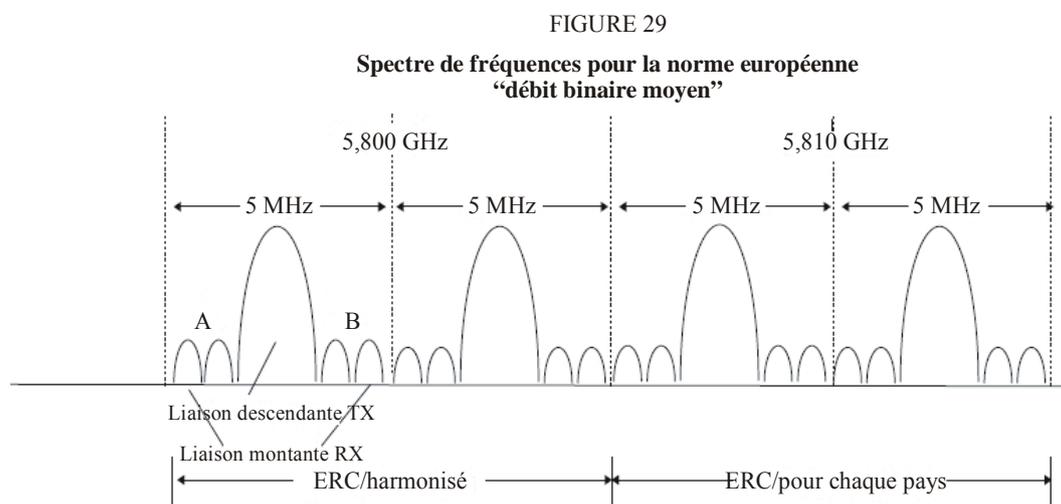
TABLEAU 5 (suite)

**Méthode par rétrodiffusion (transpondeur): caractéristiques**

Paramètre	Caractéristiques techniques	
	Débit binaire moyen	Débit binaire élevé
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 <sup>(1)</sup>	≤ +33 dBm (liaison descendante) ≤ -24 dBm (liaison montante: bande latérale unique)	≤ +39 dBm (liaison descendante) ≤ -14 dBm (liaison montante: bande latérale unique)

<sup>(1)</sup> 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.

Dans la norme DSRC européenne, l'OBE prend en charge deux types de fréquences de sous-porteuses (1,5 MHz et 2,0 MHz). Le choix de la fréquence de la sous-porteuse dépend du profil indiqué par le RSE (il est recommandé de choisir 1,5 MHz). Le spectre de fréquences pour la norme européenne «débit binaire moyen» est représenté à la Fig. 29.



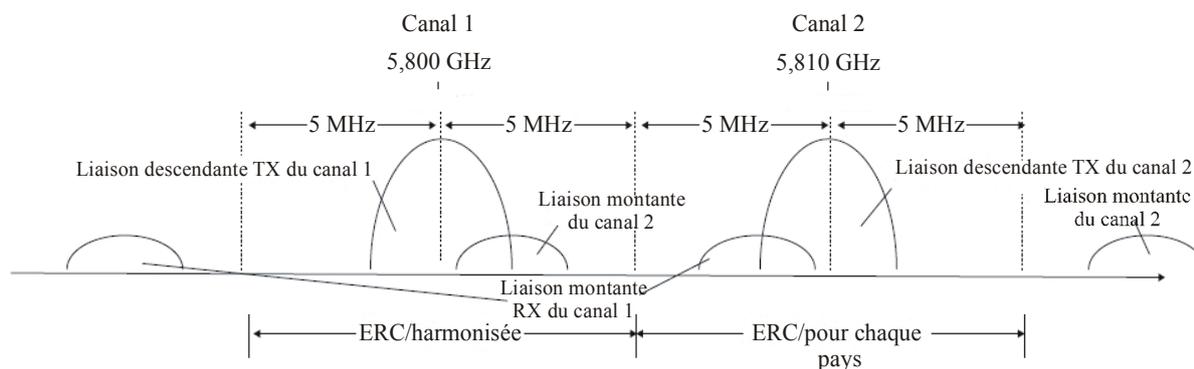
LandMobV4-29

Dans la norme italienne «débit binaire élevé», la fréquence de sous-porteuse en liaison montante de l'OBE est de 10,7 MHz. La vitesse de transmission des données en liaison montante est donc supérieure.

Le spectre de fréquences pour la norme italienne «débit binaire élevé» est représenté à la Fig. 30.

FIGURE 30

Spectre de fréquences pour la norme italienne “débit binaire élevé”



(RAST6(98)29 - “intelligent transportation system - An ETSI view”)

LandMobV4-30

## 4.2.3 Applications

### 4.2.3.1 Généralités

De nombreux pays européens mettent en place des systèmes de PEP reposant sur la technologie DSRC. On estime que les applications de PEP impriment une dynamique majeure, qui donnera naissance à un nouveau marché pour de nombreux équipements DSRC, lesquels offriront des services polyvalents pour de nouvelles applications DSRC. De fait, l'Europe propose déjà, outre la PEP, de nombreuses applications ITS: contrôle d'accès, gestion et paiement des stationnements, informations de circulation et alertes d'urgence, gestion des parcs de véhicules et des marchandises, contrôle du trafic, etc. On s'attend à ce que ces applications soient largement déployées, une fois la PEP par DSRC adoptée à grande échelle.

Le projet européen DELTA (*DSRC electronics implementation for transportation and automotive applications*/mise en œuvre de systèmes électroniques de DSRC pour des applications automobiles et de transport) vise à intégrer des liaisons de communication DSRC en standard dans tous les véhicules. Parmi les applications ITS qui pourraient voir le jour, on peut citer:

- la signalisation de bord contribuant à une conduite sans risque (réception d'informations de trafic et de voyage envoyées par des dispositifs pararoutiers);
- le paiement des frais de stationnement;
- le téléchargement de musique au format MP3 dans les stations-service;
- la transmission de l'état d'un véhicule pour la facturation automatique des locations automobiles;
- l'installation de logiciels (service permettant d'installer un logiciel de gestion de parc sur un véhicule);
- la programmation de mission (un transporteur programme une mission et télécharge les données de la mission dans un véhicule);
- le FCD (*Floating Car Data*/informations issues du suivi de véhicules en circulation) (acquisition d'informations concernant le trafic via DSRC);
- la collecte d'informations sur le transport plurimodal (affichage d'informations concernant les véhicules de transport public);
- le système de commande de véhicule (système automatique et adaptatif de régulation de la vitesse);
- l'abonnement aux services;

– le diagnostic (diagnostics par un technicien via DSRC).

Il convient de noter qu'un grand nombre de ces services peut être mis en œuvre avec des technologies concurrentes, notamment les communications mobiles avec localisation par satellite (GNSS). Cela étant, grâce à leurs caractéristiques propres - notamment le fort niveau d'intégrité des données (grande fiabilité) et la faible latence de transmission (temps réel) -, les DSRC pourront être utilisées pour la plupart des services associés aux applications susmentionnées.

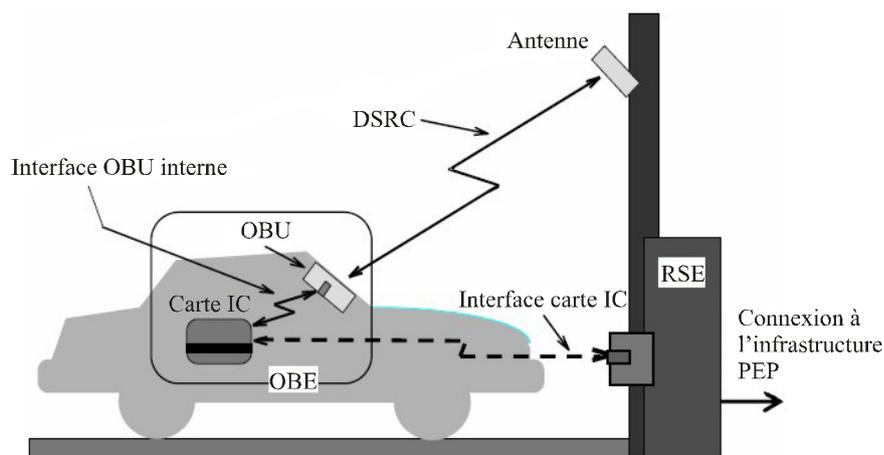
Les paragraphes suivants décrivent des applications classiques qui tirent parti des caractéristiques des DSRC de type passif. Ces applications sont normalisées au sein du Comité européen de normalisation (CEN).

#### 4.2.3.2 Perception électronique de péage (PEP)

La perception électronique de péage (PEP), appelée en anglais *electronic toll collection* ou encore *electronic fee collection*, utilisant les DSRC fait figure de précurseur des applications ITS dans de nombreux pays européens. La PEP permet aux automobilistes de passer les barrières de péage sans arrêt et ainsi de réduire les encombrements aux postes de péage. Lorsqu'un véhicule passe la barrière de péage, une antenne située sur le bord de la route communique avec l'OBE (transpondeur) du véhicule, généralement situé sur la partie interne du pare-brise. Les droits de péage sont automatiquement enregistrés au passage du véhicule (voir Fig. 31).

FIGURE 31

Poste de péage utilisant les DSRC pour la PEP



Note 1 – L'OBE est composée de l'OBU (unité embarquée) et de la carte à circuit intégré (carte IC). Cependant, la plupart des OBE actuels en Europe n'intègrent pas de carte IC (compte central).

LandMobV4-31

Les DSRC, en combinaison avec des équipements connexes (système de capteurs permettant de détecter la présence d'un véhicule par exemple), remplissent trois fonctions essentielles de la PEP: localisation du véhicule, communication avec le véhicule et lutte contre la fraude.

Selon les estimations, il y avait, en mars 2005, plus de 10 millions d'abonnés à la PEP en Europe. En Italie (presque 5 millions d'abonnés), au Portugal (presque 2 millions), en France (presque 2 millions) et en Norvège (plus d'un million), les systèmes de PEP sont utilisés sur la quasi-totalité du territoire national pour collecter les droits de péage autoroutier.

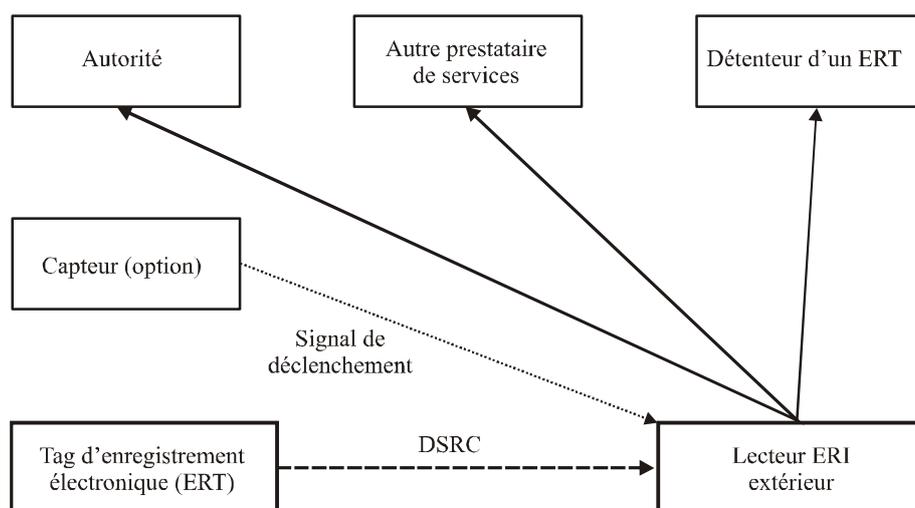
Les applications de PEP sont normalisées par le CEN (TC278) en collaboration avec l'ISO (TC204). La norme ISO 14906 intitulée «*Electronic fee collection - Application interface definition for dedicated short-range communication* /perception électronique de péage - définition des interfaces applicatives pour les communications spécialisées à courte portée» est l'un des documents publiés les plus importants.

### 4.2.3.3 Identification d'enregistrement électronique (ERI)

L'ERI (*Electronic Registration Identification*/identification d'enregistrement électronique) est une méthode de collecte par voie hertzienne d'informations d'enregistrement des véhicules et de données connexes, y compris de données sécurisées fortement cryptées. Un lecteur ERI externe permet de lire des données émises par un tag ERI situé à l'intérieur d'un véhicule (voir Fig. 32).

Le recours à l'ERI offrira d'importants avantages par rapport aux technologies existantes d'identification de véhicules. Les données d'identification contiennent l'identifiant du véhicule (numéro d'identification par exemple) et éventuellement des données supplémentaires, telles que celles figurant habituellement sur un certificat d'enregistrement de véhicule. L'ERI constituera à l'avenir une technologie de base pour la gestion et l'administration du trafic et des transports, nécessaire pour répondre aux besoins des autorités et d'autres utilisateurs souhaitant effectuer une identification électronique en toute confiance.

FIGURE 32  
Communication ERI utilisant DSRC



Autorités: entités habilitées à lire les données ERI provenant d'un véhicule.  
Autres prestataires de services: entités qui fournissent un service nécessitant une ERI.  
Détenteur d'un ERT: entité qui détient un ERT.

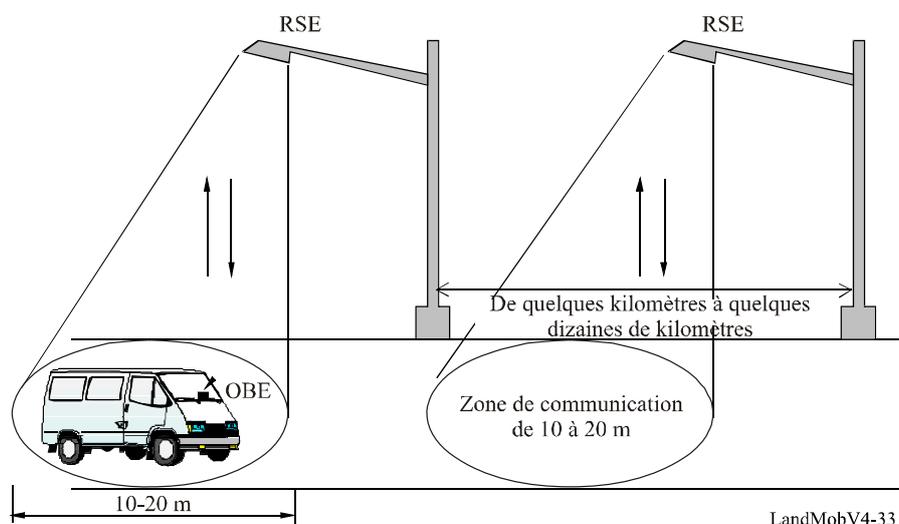
LandMobV4-32

### 4.2.3.4 Préinformation de gamme moyenne (MRPI)

La MRPI (*Medium Range Pre-Information*/préinformation de gamme moyenne) par DSRC est un système de communication bidirectionnelle qui diffuse des informations de trafic et de voyage obtenues à partir de diverses sources d'information. Ce système permet également de réunir des données de véhicules collectées sur différents sites RSE.

FIGURE 33

Préinformation de gamme moyenne (MRPI) par DSRC



LandMobV4-33

La zone de communication des DSRC n'excède pas 10 à 20 m en avant du RSE. Lorsque l'échange a lieu, la position du véhicule sur une route donnée est connue de façon précise: localisation géographique, mais aussi sens de circulation. Après que le véhicule a quitté la zone de communication, il est possible de connaître sa position avec une grande précision sur plusieurs kilomètres et avec une précision raisonnable sur plusieurs dizaines de kilomètres en combinant les informations de localisation initiale avec les informations provenant du capteur de vitesse du véhicule ou d'un odomètre. Les informations de localisation sont mises à jour lorsque le véhicule passe à proximité du RSE suivant.

Dans le cas d'applications simples, les informations transmises par le véhicule contiennent un éventuel changement de statut ou événement ainsi que la distance qui sépare le véhicule du dernier point de référence connu. Le véhicule peut également collecter d'autres informations: vitesse moyenne, zone de brouillard, fortes précipitations, chaussée glissante, etc. Ces données, transmises par les véhicules en circulation, fournissent aux responsables de réseaux routiers des informations très utiles, qui peuvent donner lieu, dans un second temps, à l'émission d'une alerte à destination des véhicules suivants.

### 4.3 Système DSRC japonais et applications

#### 4.3.1 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. 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 (PEP).

Les DSRC sont une technologie phare de mise en œuvre des systèmes de PEP 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 sur les 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 (PEP) compatibles sur l'ensemble du territoire japonais. Le projet s'est terminé par un test terrain sur l'autoroute Odawara-Atsugi en 1997.

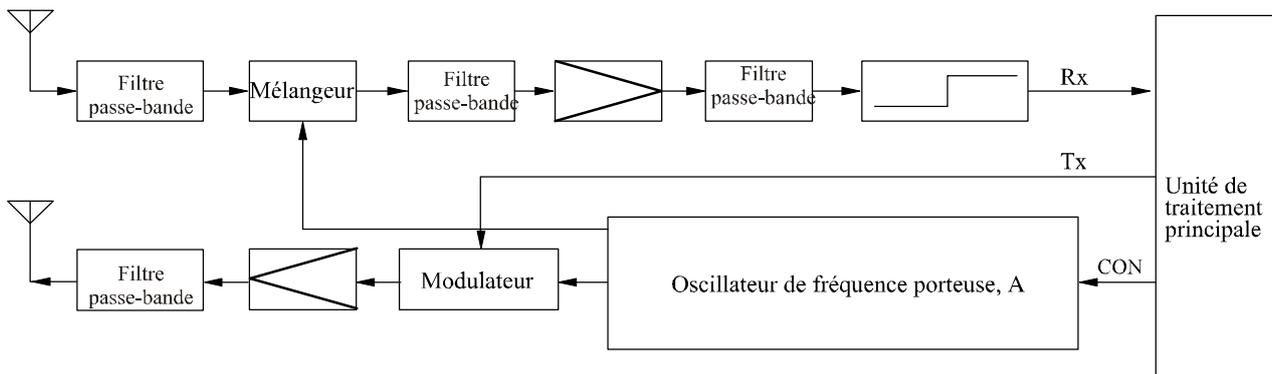
La mise en place des services de PEP à l'échelle nationale a commencé en 2001. En juillet 2006, le pays comptait 13 millions d'abonnés au système de PEP. L'augmentation du nombre d'abonnés crée les conditions favorables à la mise en place d'autres applications utilisant la technologie DSRC sur un même OBE.

### 4.3.2 Caractéristiques techniques

#### 4.3.2.1 Méthode active (émetteur-récepteur)

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 Fig. 34 présente un diagramme fonctionnel classique 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 pararoutière 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 34  
Configuration classique d'un OBE utilisant la méthode active  
(émetteur-récepteur)



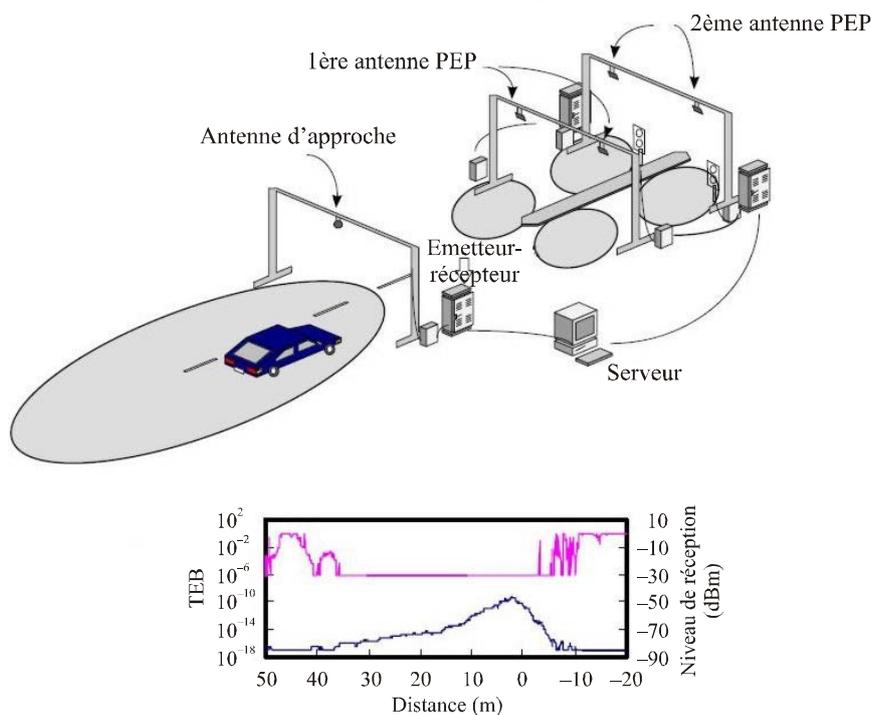
LandMobV4-34

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. La Fig. 35 montre des exemples de cette flexibilité dans une configuration classique de barrière de péage utilisant la PEP. Les antennes situées au niveau de la barrière de péage ont une empreinte de rayonnement (zone de communication) très petite (classiquement 3 m x 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.

FIGURE 35

Exemples d'empreintes de rayonnement d'antenne DSRC dans une configuration classique de barrière de péage avec PEP



Niveau de réception de l'OBE et TEB sous l'antenne d'approche.

LandMobV4-35

#### 4.3.2.2 Caractéristiques techniques de la méthode active japonaise

Le Tableau 6, extrait de la Recommandation UIT-R M.1453-2, présente les caractéristiques techniques de la méthode active (émetteur-récepteur) japonaise. 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 PEP avec modulation MDA (modulation par déplacement d'amplitude); l'espacement faible (espacement entre canaux de 5 MHz) est utilisé pour des services applicatifs DSRC d'utilité générale 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. A noter également l'adoption de systèmes DRF afin d'optimiser l'utilisation des fréquences radioélectriques.

TABLEAU 6

**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	10 MHz
Largeur de bande occupée admissible	inférieure à 4,4 MHz	inférieure à 8 MHz
Méthode de modulation	MDA, MDP-4	MDA
Vitesse de transmission de données (débit binaire)	1 024 kbit/s/MDA, 4 096 kbit/s/MDP-4	1 024 kbit/s
Codage de données	Codage de Manchester/MDA, NRZ/MDP-4	Codage de Manchester
Séparation duplex	40 MHz en cas de mode DRF	
Type de communication	Type émetteur-récepteur	
p.i.r.e. maximale <sup>(1)</sup>	$\leq +30$ dBm (liaison descendante) (Pour une distance d'émission inférieure ou égale à 10 m. Puissance fournie à l'antenne $\leq 10$ dBm)	
	$\leq +44,7$ dBm (liaison descendante) (Pour une distance d'émission supérieure à 10 m. Puissance fournie à l'antenne $\leq 24,77$ dBm)	
	$\leq +20$ dBm (Liaison montante) (Puissance fournie à l'antenne $\leq 10$ dBm)	

<sup>(1)</sup> La Recommandation 70-03 du Comité européen des radiocommunications (ERC) fixe des valeurs de p.i.r.e. de 2 W pour les systèmes actifs et de 8 W pour les systèmes passifs.

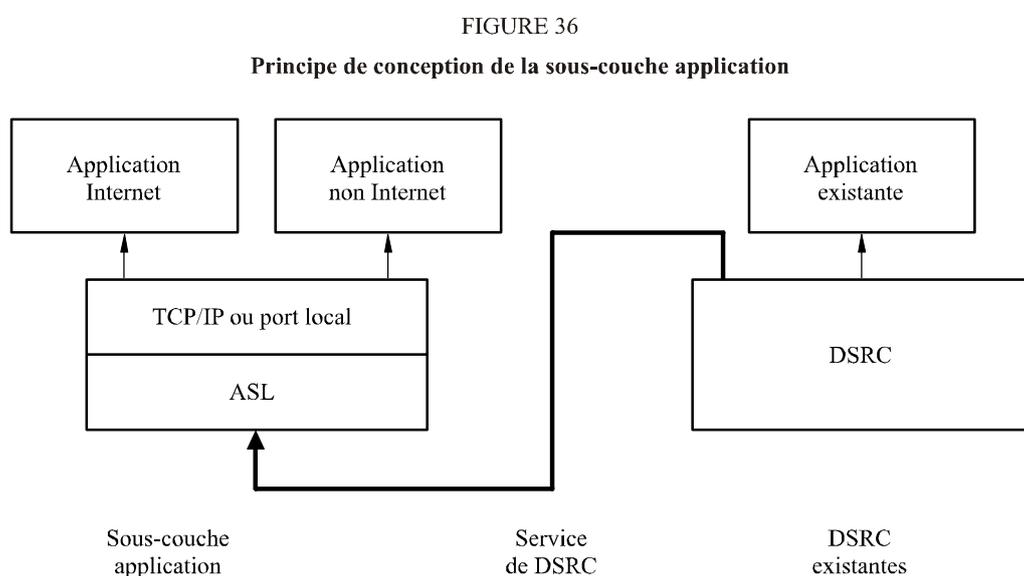
### 4.3.3 Sous-couche application (ASL) pour applications multiples

La plupart des normes DSRC existantes, régionales et internationales, définissent une sous-couche application (ASL), qui apporte aux piles de protocoles DSRC des fonctions de communication supplémentaires. La sous-couche ASL a été proposée à l'UIT-R, qui l'a adoptée en juin 2005 sous la forme de la Recommandation modifiée UIT-R M.1453-2 sur les DSRC.

En raison des contraintes propres aux liaisons DSRC (capacité de transmission limitée, couverture discontinue, arrivée/sortie aléatoire de véhicules dans/de la zone, etc.), l'utilisation de la totalité du modèle OSI a été jugée inadaptée aux DSRC. Pour simplifier l'architecture DSRC, les couches OSI 3 à 6 des piles de protocoles DSRC ont été exclues de la spécification DSRC actuellement en vigueur au Japon. La spécification repose sur le protocole de couche 7 spécifié dans la norme ISO/TC204 (ITS), fruit d'une étroite collaboration entre l'UIT-R et l'ISO. La suppression de la couche réseau, en particulier, était essentielle pour les applications réseau utilisant le protocole Internet. La sous-couche application DSRC (DSRC-ASL) fournit des fonctions de communication supplémentaires aux piles de protocoles de couche supérieure DSRC, permettant de mettre en œuvre de multiples applications DSRC, en particulier des applications de réseau IP. Elle s'applique à la méthode active (émetteur-récepteur) et à la méthode par rétrodiffusion (transpondeur) dès lors que ces méthodes adoptent le protocole de couche 7 défini dans la norme ISO/TC204 (ITS).

La sous-couche DSRC-ASL fournit les protocoles de réseau et les protocoles de commande de liaison avec extension sous forme de fonctions de communication supplémentaires nécessaires aux piles de protocoles DSRC. Elle repose sur le service multifonction ACTION offert par la couche 7 DSRC spécifiée dans la norme ISO FDIS 15628 «Systèmes de transport intelligents - Communications spécialisées à courte distance (DSRC) - Couche application DSRC». La sous-couche application DSRC-ASL étend les applications DSRC sans modifier les piles de protocoles DSRC existantes et met en œuvre le protocole point à point (PPP) pour les connexions Internet hertziennes, le protocole de commande de réseau pour les réseaux locaux et le protocole de commande de port local pour les applications non réseautées.

Le principe de conception de la sous-couche application est illustré à la Fig. 36. La sous-couche ASL est définie comme un driver DSRC qui permet d'interfacer les DSRC avec le protocole TCP/IP (protocole de commande de transmission/protocole Internet) dans le cas des applications Internet et avec un port local dans le cas des applications non Internet.



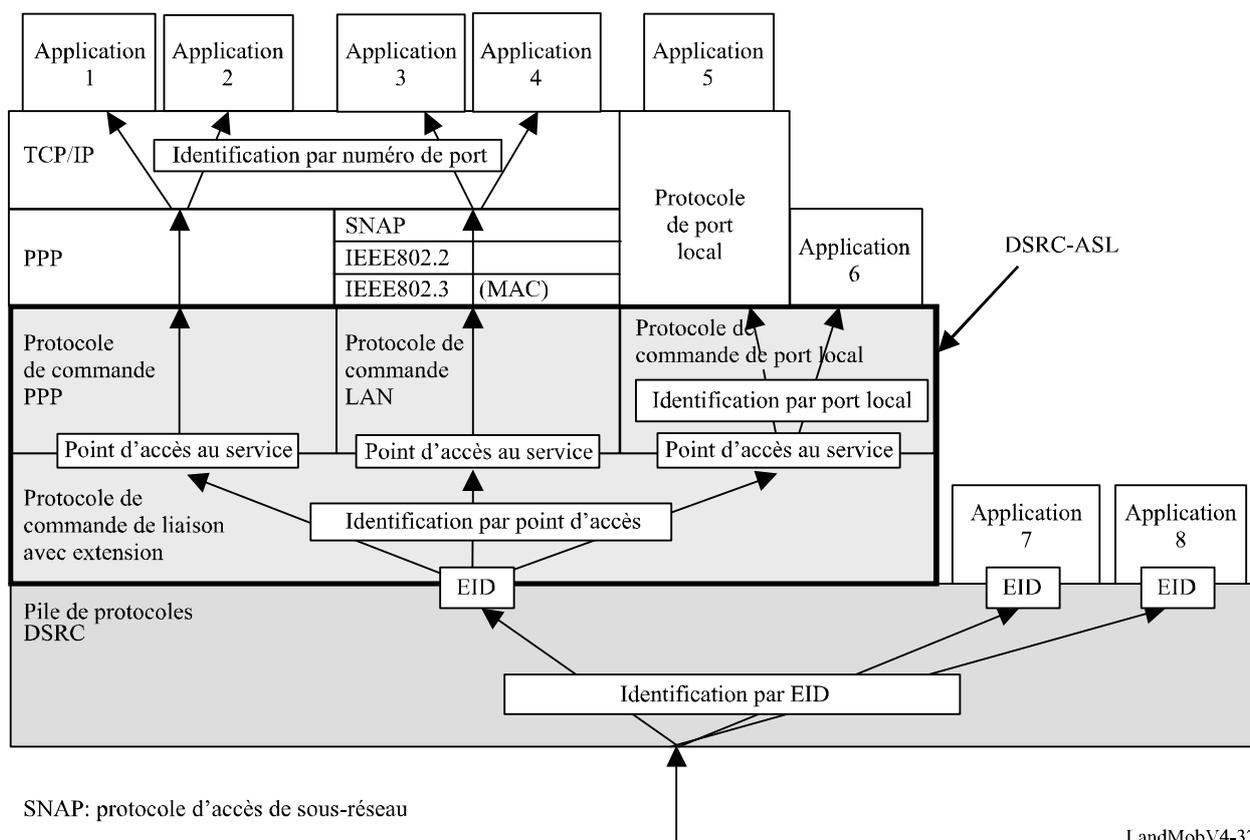
LandMobV4-36

La structure générale de la sous-couche DSRC-ASL est illustrée à la Fig. 37. Les applications 1 à 4 correspondent aux applications utilisant le protocole TCP/IP. L'application 5 correspond à une application n'utilisant pas le protocole Internet et fonctionnant sur le port local. L'application 6 est une application simple qui n'utilise pas le protocole Internet et fonctionne sur le protocole de commande local (LCP). Les applications 7 et 8 correspondent à des applications DSRC classiques. Chaque application est identifiée par un élément d'identification (EID) sur le protocole DSRC et est traitée de façon appropriée.

La sous-couche application DSRC-ASL assure l'interface entre les piles de protocoles DSRC et les applications de réseau ou les applications non réseautées. Elle fournit des fonctions de communication supplémentaires pour les communications DSRC. Etant donné que les applications DSRC reposent sur la plate-forme que constitue DSRC-ASL, elles ne sont pas tenues de connaître les piles de protocoles DSRC de couches inférieures.

FIGURE 37

Structure générale de DSRC-ASL et principe d'identification des connexions



### 4.3.4 Applications

#### 4.3.4.1 Généralités

Au Japon, comme en Europe, la perception électronique de péage (PEP) utilisant les DSRC fait figure de précurseur des applications ITS. Le service japonais de PEP, lancé en mars 2001 couvrait, fin mars 2003, approximativement 900 postes de péage empruntés par 90% des usagers de voies rapides. Il a donc fallu à peu près deux ans pour mettre en œuvre le service à l'échelle nationale. Fin mars 2004, le nombre de barrières de péage équipées est passé à 1 300 et, en juillet 2006, le nombre d'OBE (abonnés PEP) a atteint la barre des 13 millions.

L'augmentation rapide du nombre d'abonnés crée les conditions favorables à la mise en place, sur le même OBE, d'autres applications utilisant la technologie DSRC. Des projets de recherche et développement menés conjointement par le secteur public et les industries sont en cours afin de développer des OBE polyvalents offrant toute une gamme de services DSRC.

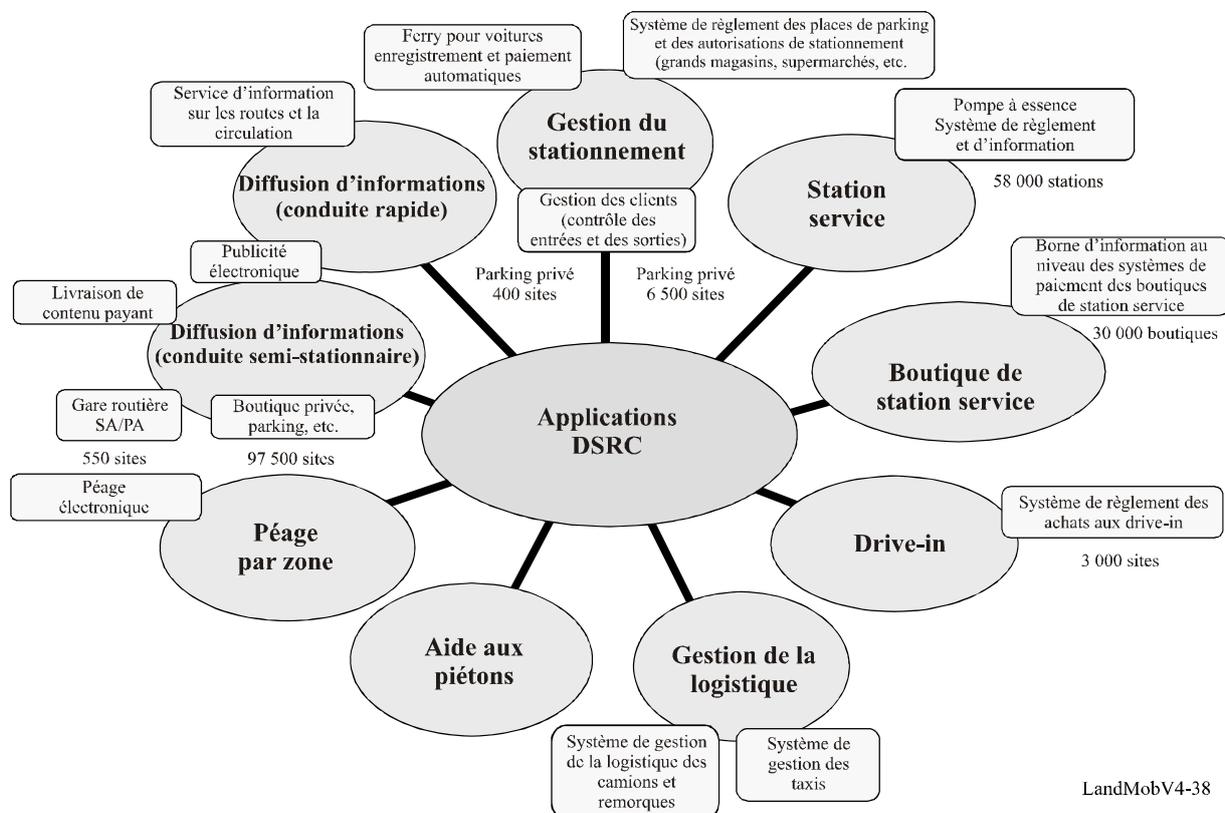
Les équipes japonaises étudient actuellement la possibilité d'étendre les applications liées aux véhicules dans neuf domaines (voir Fig. 38):

- Gestion de zones de stationnement.
- Stations-service.
- Boutiques de station-service.
- Drive-in (boutique ou restaurant où l'on est servi dans sa voiture).
- Gestion de la logistique.
- Aide aux piétons.
- Perception d'un droit d'entrée dans des zones spécifiques (péage par zone).

- Diffusion d'informations: véhicule semi-stationnaire.
- Diffusion d'informations: véhicule à grande vitesse.

FIGURE 38

**Diverses applications DSRC en cours d'étude au Japon**



LandMobV4-38

**4.3.4.2 Perception électronique de péage (PEP)**

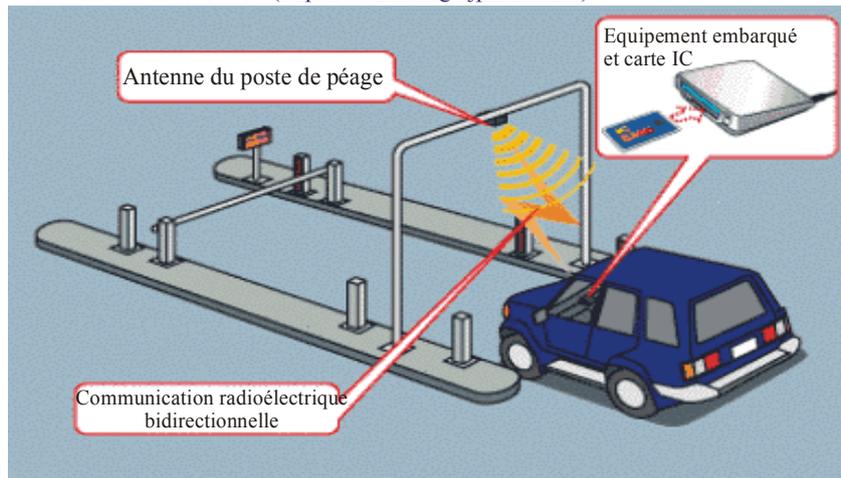
Avant l'arrivée de la PEP, les prestataires japonais de services de péage routier (Japan Highways, Metropolitan Express Ways, Hanshin Express Ways, Honshu-Shikoku Bridges, etc.) proposaient déjà leurs services sous forme de péage manuel sur l'ensemble du territoire. La PEP a permis de réduire les encombrements aux postes de péage, d'améliorer le confort des conducteurs - qui ne sont plus tenus de payer en argent liquide - et de réduire les coûts de gestion. Les systèmes de PEP japonais doivent prendre en charge un système de péage complexe, pour lequel les montants diffèrent selon le type de véhicule et la distance parcourue. Par ailleurs, un même équipement embarqué à bord d'un véhicule (OBE) doit pouvoir servir sur plusieurs routes à péage gérées par différentes entités administratives.

Au Japon, la PEP a été développée conformément aux spécifications suivantes:

- Système compatible sur l'ensemble du territoire.
- Adoption du système DSRC actif dans la bande des 5,8 GHz afin de garantir une communication bidirectionnelle hautement fiable entre les véhicules et l'équipement pararoutier.
- Adoption d'un OBE à «deux composants»: OBU (unité embarquée) et carte IC (carte à circuit imprimé), afin de prendre en charge les extensions fonctionnelles futures et les cartes IC polyvalentes.
- Adoption d'un système hautement sécurisé afin de prévenir les utilisations abusives.

La Fig. 39 illustre la configuration de base d'une barrière de PEP japonaise. Une carte à circuit imprimé contenant des informations contractuelles est insérée dans une unité embarquée (OBU) installée à l'intérieur du véhicule. L'OBU entre en communication radioélectrique bidirectionnelle (DSRC) avec l'antenne du poste de péage. Les informations de péage autoroutier ainsi que d'autres éléments d'information sont enregistrés à la fois sur la carte IC et dans un ordinateur connecté à l'antenne du poste de péage. Les véhicules peuvent passer au poste de péage sans s'arrêter.

FIGURE 39  
Configuration de base de la PEP au Japon  
(<http://www.mlit.go.jp/road/ITS>)



LandMobV4-39

#### 4.3.4.3 Interface applicative de base permettant d'étendre les applications s'exécutant à bord des véhicules

Parallèlement à l'expansion des DSRC dans les systèmes de perception électronique de péage, il apparaît une nouvelle demande: utiliser les DSRC pour d'autres services, notamment des applications non réseautées à bord de véhicules, telles que le paiement des droits par carte IC et les services d'information pour véhicules circulant à grande vitesse. Pour faciliter la prise en charge des DSRC dans ces applications non réseautées, on développe actuellement des jeux de commandes, appelés «interface applicative de base», pour dispositifs distants utilisant la sous-couche DSRC-ASL. Cette interface applicative de base permet aux applications non réseautées de fournir des services applicatifs dans des environnements non desservis par Internet. Elle permet à l'OBE distant d'exécuter des services ITS, et ce, conformément au contenu du service requis.

L'interface applicative de base est située entre les applications non réseautées et le protocole de commande de port local de la sous-couche application. Elle commande les ressources de l'équipement embarqué (OBE) conformément aux requêtes émises par l'équipement pararoutier (RSE). L'interface applicative de base définit des «jeux de commandes», qui offrent un accès aux dispositifs distants des OBE des véhicules. Le choix approprié des jeux de commandes et la combinaison de ces jeux permettent aux applications locales non réseautées de mener à bien les transactions de niveau applicatif entre les applications pararoutières et les applications embarquées.

Ci-dessous figurent quelques exemples de jeux de commandes d'une interface applicative de base:

- application de commandes/réponses OBE pour l'interface homme-machine de l'OBE;
- application d'accès à la mémoire de l'OBE pour écrire/lire la mémoire de l'OBE à partir du RSE;

- application d'accès à la carte IC pour la facturation et le paiement des cartes IC;
- application de transmission d'informations selon le «modèle du pousser» permettant au RSE d'envoyer à l'OBE des informations préformatées.

La Fig. 40 présente un exemple d'interface applicative de base.

#### **4.4 Système ITS utilisant un réseau DSRC**

##### **4.4.1 Introduction**

A l'automne 2000, le ministère coréen de la Construction et des Transports (MOCT) annonçait que les régions de Daejeon, Jeju et Jeonju avaient été choisies pour le déploiement pilote de systèmes de transport intelligents. Le projet, appelé «Initiatives de mise en œuvre de systèmes de transport évolués», constitue une avancée importante dans l'infrastructure des transports intelligents (ITI) en Corée. Il prévoit que le secteur public et le secteur privé travaillent ensemble au développement et à la mise en œuvre de la technologie ITS en vue de réduire les temps de transport, d'améliorer le service d'intervention en cas d'urgence et de fournir au public des informations routières.

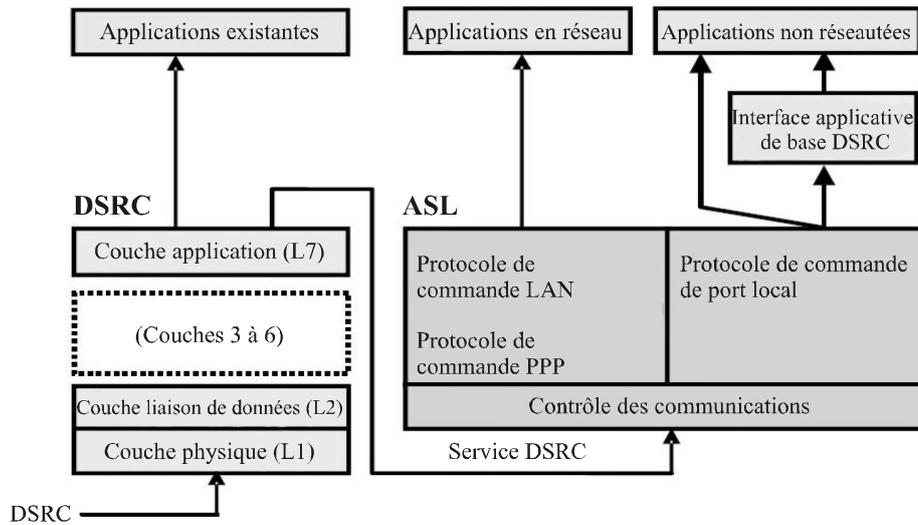
En Corée, l'offre en infrastructures et en services de transport est largement inférieure à la demande. Si ce déséquilibre touche la plupart des zones urbaines dans le monde, il se présente avec une acuité toute particulière en Corée du fait de la population grandissante et d'un taux d'emploi en forte croissance. Les analyses le montrent, si le gouvernement ne prend pas de mesure pour améliorer la situation, la qualité du système de transport se détériorera considérablement dans les 20 prochaines années.

##### **4.4.2 Initiatives de déploiement pilotes**

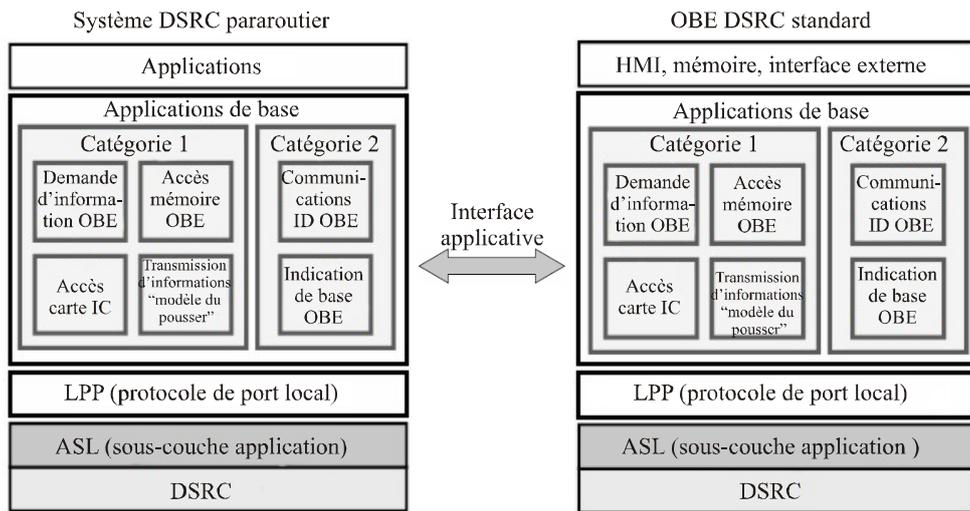
Le ministère coréen de la Construction et des Transports a lancé des appels d'offres auprès de villes sur l'ensemble du territoire afin d'obtenir des financements dans le cadre de l'initiative de déploiement des ITS. L'objet de cette initiative est de contribuer au financement d'ITI totalement intégrées, qui seraient mises en place dans certaines villes coréennes.

FIGURE 40

Interface applicative de base DSRC



A) Configuration des protocoles dans un OBE



Catégorie 1: services généraux.  
Catégorie 2: service à faibles ressources.

b) Interfaces applicatives de base entre un RSE et un OBE

LandMobV4-40

Daejeon, centre administratif et technologique situé au cœur même de la péninsule coréenne, est l'une des trois villes choisies pour participer aux initiatives de déploiement pilotes. En tant que seconde capitale administrative du pays, elle est le siège du troisième complexe gouvernemental coréen, qui comprend plusieurs grandes agences gouvernementales. Située au centre du pays, la ville de Daejeon est un nœud de transport majeur et un point de convergence d'importantes voies rapides, autoroutes et voies ferrées, notamment deux grandes lignes de transport ferroviaire.

Jeju, plus grande île coréenne, est située à l'extrême sud de la péninsule. Caractérisée par sa culture insulaire, Jeju demeure un lieu unique, plein de mystère et de contes folkloriques. Au pied du mont Halla, point culminant de l'île, se sont développés maints sites touristiques, depuis les paysages montagneux offrant aux visiteurs leurs vallées et autres cascades, aux plages des petites îles entourées d'une mer couleur émeraude. Cette région naturelle magnifique bénéficie également de

températures douces toute l'année, ce qui en fait une destination prisée des touristes venus du continent, mais aussi du monde entier.

TABLEAU 7

**Programme «Initiatives de déploiement pilotes»**

Caractéristique	Daejeon	Jeju	Jeonju
Budget total	30 millions USD	10 millions USD	8 millions USD
Population (2001)	1 408 809	622 238	611 910
Contrôle évolué du trafic	O	O	O
Système de gestion des incidents	O	O	O
Fourniture, avant le départ, d'informations sur les déplacements	O	O	O
Systèmes de gestion du trafic des autoroutes	O	–	–
Systèmes de guidage routier	O	O	–
Systèmes de gestion du stationnement	–	O	–
Systèmes d'information des bus	O	O	O
Systèmes de gestion des droits de transport public	O	–	–
Systèmes de contrôle des voies d'autobus	O		
Perception électronique de péage	O	–	–
Systèmes automatisés de contrôle-sanctions	O	–	O

La ville de Jeonju, siège d'un bureau provincial de la province de Chollabuk-do, est située au sud-est de la péninsule coréenne. La ville compte 622 238 habitants (189 042 ménages) pour une superficie de 20 624 km<sup>2</sup>. Les districts administratifs se composent de deux arrondissements et de 40 quartiers.

Ces villes constituent un choix idéal pour l'initiative de déploiement pilote des ITS, et ce, pour plusieurs raisons:

- excellentes relations institutionnelles entre le public et le privé,
- villes bien adaptées à la présentation des effets concrets et des avantages des ITS,
- possibilité de transposer les bons résultats dans d'autres villes,
- forte base technique et industrielle des régions concernées.

Le projet «Initiatives de déploiement pilotes» des trois villes, d'une valeur totale de 50 millions USD, est en passe de répondre à la demande grâce à l'amélioration de la qualité de fonctionnement et de l'efficacité des systèmes routiers et de transport dans les régions concernées. S'appuyant sur ce projet pilote, l'Institut coréen des transports dirige actuellement un projet conçu pour tirer parti des investissements importants consentis dans le domaine des infrastructures ITS.

#### 4.4.2.1 Éléments clés du projet

Le projet comprend cinq sous-systèmes: un système d'information aux voyageurs, un système de gestion et d'information des transports publics, un système automatisé de contrôle-sanctions, un système de commande de la signalisation routière et un système de gestion des incidents.

Le système de gestion des transports publics repose sur des dispositifs évolués de localisation des véhicules. Ces dispositifs, installés sur 965 véhicules, utilisent les technologies GPS et DSRC. Le système permet d'améliorer la ponctualité des bus et fournit des informations en temps réel sur les horaires de passage. Des messages électroniques diffusés aux arrêts de bus informent les usagers sur la localisation des véhicules. Un site Internet ainsi que des bornes situées dans les gares routières fournissent aux usagers des informations sur les trajets, les horaires et les conditions de circulation ainsi qu'une aide à la planification des déplacements. Le projet prévoit aussi la mise en place du paiement électronique (grâce à des cartes à puce intelligentes) et des droits de transport à bord des bus et dans le métro. Ces cartes intègrent également d'autres fonctions intéressantes.

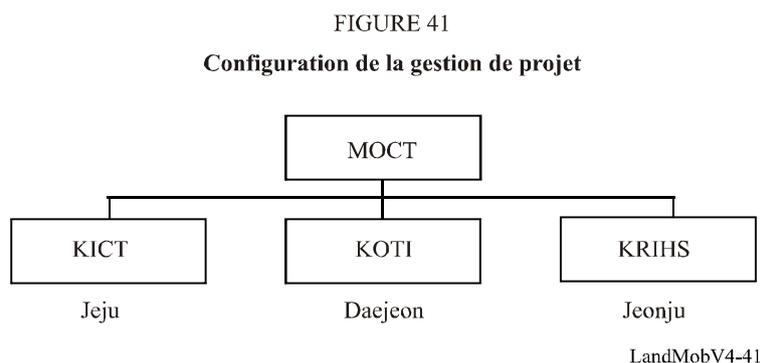
Les systèmes évolués de commande de la signalisation routière, appelés COSMOS, permettent de réguler le trafic en améliorant la répartition dans le temps des messages de signalisation. Le système de gestion des incidents, qui comporte notamment un système de surveillance, aide les agences locales à réagir aux incidents avec rapidité et efficacité.

Le système d'information aux voyageurs fournit des informations routières en temps réel par DSRC. Il permet aux usagers de prendre des décisions éclairées quant aux meilleurs moyens de transport à emprunter. Le système automatisé de contrôle-sanctions permet, de façon automatique, de contrôler la vitesse des véhicules et de signaler les infractions.

Ce projet contribue par ailleurs à l'élaboration des matériels publicitaires utilisés à l'échelle nationale - brochures et autres documents - visant à faciliter le processus de transfert. Les efforts en termes de marketing et de relations publiques, essentiellement axés sur les avantages des systèmes plurimodaux d'information aux voyageurs, devraient permettre de sensibiliser l'opinion coréenne aux ITS.

#### 4.4.2.2 Gestion du projet

Les acteurs du projet ont été recrutés parmi les membres du partenariat. L'Institut coréen des transports (KOTI), l'Institut coréen de recherche de l'habitat humain (KRIHS) et l'Institut coréen des technologies de construction (KICT) ont été chargés de la gestion du projet, respectivement à Daejeon, Jeonju et Jeju. D'autres membres de ces instituts ainsi que des personnes des villes partenaires ont rejoint l'équipe.



#### 4.4.3 DSRC actif

Les systèmes de transport intelligents ont de plus en plus recours aux communications spécialisées pararoutières fondées sur la technologie DSRC. C'est leur capacité à transmettre, à l'intérieur d'une zone limitée, des données jusqu'à 1 Mbit/s qui différencie les DSRC des autres systèmes de communications mobiles. Les DSRC de type actif sont actuellement mises en place dans des systèmes d'information routière et de gestion des transports en commun. Il est également envisagé de les utiliser dans des systèmes de gestion de stationnement et pour la perception électronique de péage.

TABLEAU 8  
Spécifications principales des DSRC

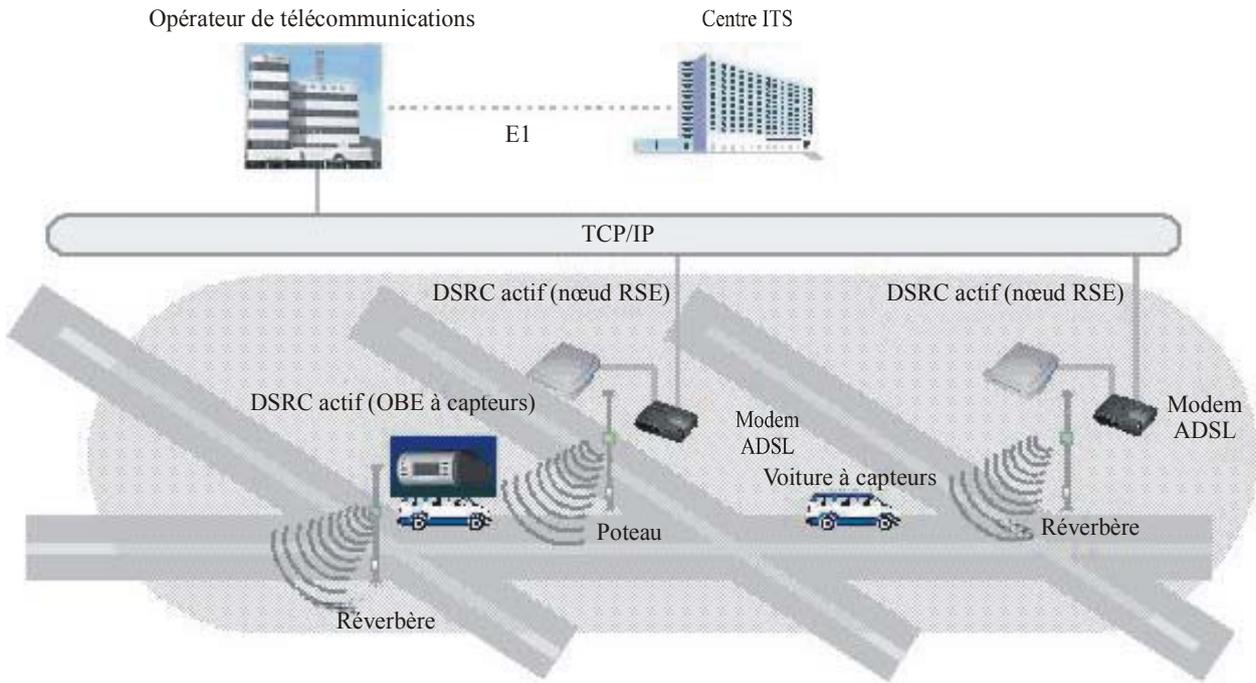
Paramètre	Spécifications
Bande de fréquences	5,8 GHz
Espacement de fréquences entre porteuses	10 MHz
Méthode de modulation	MDA
Débit binaire	1 Mbit/s
Protocole	Aloha discrétisé
Puissance d'antenne	RSE/OBE 10 MW

Environ 5 000 voitures et bus équipés de capteurs fourniront leur localisation et leur horaire de passage à proximité des RSE, lesquels transmettront les données au centre de gestion routière par ligne ADSL. Les spécifications des DSRC sont mises en œuvre dans le projet de déploiement pilote ITS de Daejeon.

TABLEAU 9  
Caractéristiques de l'équipement

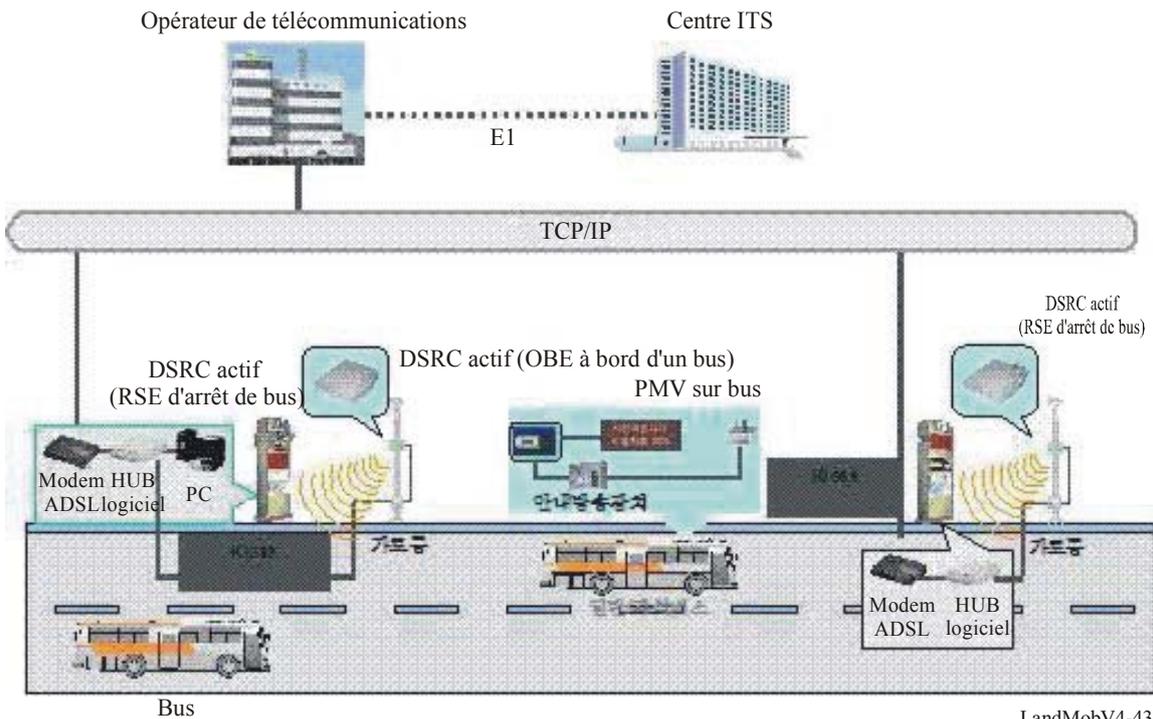
	Equipement pararoutier DSRC actif (RSE)	Unité embarquée (OBU)
Visuel		
Dimensions	160 mm × 210 mm × 80 mm	110 mm × 100 mm × 45 mm
Poids	3,5 kg	0,3 kg
Source d'énergie	AC 85V ~ AC 265V	DC 12V / 24V

FIGURE 42  
Schéma du service ATIS utilisant les DSRC



LandMobV4-42

FIGURE 43  
Schéma du système BIS utilisant les DSRC



LandMobV4-43

## 4.5 Tendances futures: Système DSRC à 5,9 GHz et applications

### 4.5.1 Introduction

Les communications DSRC continueront de jouer un rôle important dans de nombreux services utilisateur ITS. Cela étant, les dispositifs DSRC actuels ne suffiront pas à prendre en charge les prochaines générations de radiocommunication ITS en termes de portée et de capacité. En effet, les applications de radiocommunication ITS de prochaine génération exigeront des échanges sur de plus longues distances (applications relatives à la sécurité des véhicules et des conducteurs), des liaisons de capacité supérieure (applications relatives au transport des informations), etc.

Effets bénéfiques de la mise en place de ces services:

- Les autorités administratives, de transport et de police pourront suivre, gérer et contrôler les véhicules et les piétons.
- Les conducteurs et les piétons seront assistés en toute sécurité et avec tout le confort requis; de l'intégration des communications sans fil dans le secteur des transports naîtra une nouvelle culture des déplacements.
- L'industrie des transports (responsables d'infrastructures routières, responsables de parcs de véhicules utilitaires, compagnies de bus, etc.) disposera des outils les plus puissants pour mener à bien ses missions d'exploitation et de maintenance.

En juillet 2004, la Commission fédérale des communications (FCC) des Etats-Unis d'Amérique a adopté des règles de services et de délivrance de permis pour le service des communications spécialisées à courte distance (DSRCS) en tant que service radioélectrique ITS dans la bande des 5,9 GHz afin de promouvoir une solution à l'échelle du pays aux problèmes de sécurité dans les transports. Les unités embarquées du DSRCS doivent être conformes à la norme technique E2213-03 de l'ASTM (American Society for Testing and Materials/société américaine d'essais et de matériaux, aujourd'hui ASTM International), publiée en septembre 2003 et intitulée «*Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems - 5 GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*»/spécification standard relative aux télécommunications et à l'échange d'informations entre les systèmes pararoutiers et les systèmes à bord de véhicules - spécifications de la commande d'accès au support (MAC) et de la couche physique (PHY) relatives aux DSRC dans la bande des 5 GHz». La norme technique E2213-03 de l'ASTM considère le DSRCS comme un service de radiocommunication de prochaine génération.

### 4.5.2 Exigences fonctionnelles des systèmes de radiocommunication ITS de prochaine génération

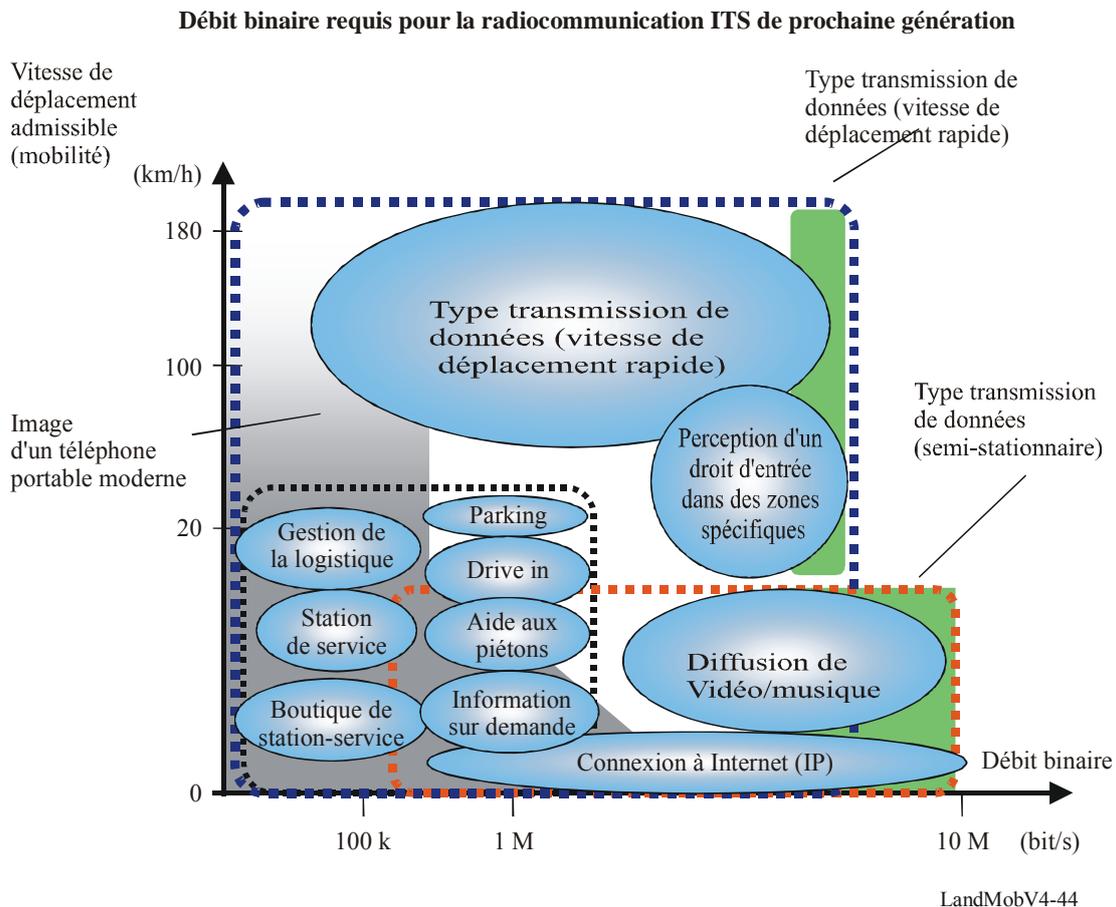
La Figure 44 présente, sous forme graphique en fonction de la vitesse de déplacement et du débit binaire, les applications susceptibles d'être retenues pour le système de radiocommunication ITS de prochaine génération, applications qui font l'objet d'études approfondies à l'UIT-R. Les exigences fonctionnelles spécifient que les radiocommunications ITS de prochaine génération doivent prendre en charge des vitesses de transmission de plus de 3 Mbit/s par canal. Certaines applications peuvent exiger une communication et/ou une radiodiffusion dont la portée atteint 1 km. Ci-dessous figure le résumé d'une première étude visant à définir ces exigences fonctionnelles:

#### a) Configuration de base

- Le système est composé des éléments suivants: 1) un RSE; 2) un OBE intégré pour applications à bord de véhicules et/ou dispositifs de communication personnels (DCP); et 3) liaisons de radiocommunication entre ces équipements.
- Un même OBE ou DCP doit pouvoir gérer plusieurs applications.

- L'OBE ou le DCP doit être suffisamment souple pour s'adapter aux différents besoins de l'utilisateur.
- La configuration doit permettre un accès simple au RSE et à l'OBE pour faciliter la mise en place de nouveaux services polyvalents.
- Le système doit offrir des fonctions d'exploitation et de maintenance.
- Le système doit prendre en charge plusieurs interfaces d'accès au réseau (LAN, ADSL, DSL, AHF, IMT-2000 et systèmes postérieurs, etc.).

FIGURE 44



- b) *Caractéristiques techniques et considérations relatives aux radiocommunications*
- Vitesse de transmission de 3 à 5 Mbit/s adaptée à la plupart des applications
  - Besoins en bande passante: 10 MHz
  - TEB:  $10^{-5} - 10^{-6}$
  - Temps d'initialisation rapide: inférieur à 1 ms
  - Utilisation des fréquences: DRT (éventuellement DRF)
  - Mode de communication: point à point, radiodiffusion simple ou multidiffusion selon les services
  - Mode de connexion: OBE vers RSE, OBE vers OBE, et RSE vers RSE pour l'échange d'informations et/ou de données de maintenance
  - Taille des cellules de communication suffisamment flexible pour s'adapter aux applications
  - Tolérance à l'égard des brouillages
  - Transfert automatique intercellulaire (*handover*): pour zone adjacente ou isolée

- Contrôle de priorité: priorité haute, moyenne ou basse en fonction du service utilisateur requis et de la catégorie de l'utilisateur
- Fonctions de sécurité suffisantes pour chaque service utilisateur
- c) *Vitesse de véhicule maximale*
  - La liaison radioélectrique doit pouvoir fournir des services à un véhicule se déplaçant jusqu'à 200 km/h.
  - Les applications pour les trains à grande vitesse peuvent avoir des exigences plus limitées.
- d) *Environnement opérationnel*
  - Environnement pararoutier: route étroite/large entourée de bâtiments bas/hauts, etc.
  - Environnement dégagé
  - Espaces intérieurs
- e) *Autres considérations*
  - Mise à disposition de certaines fonctions (transactions électroniques par exemple) selon les besoins des utilisateurs et des fournisseurs d'information
  - Coûts compétitifs des équipements de communication
  - S'agissant du fonctionnement des interfaces radioélectriques, réduction maximale de la planification des fréquences et de la coordination entre réseaux

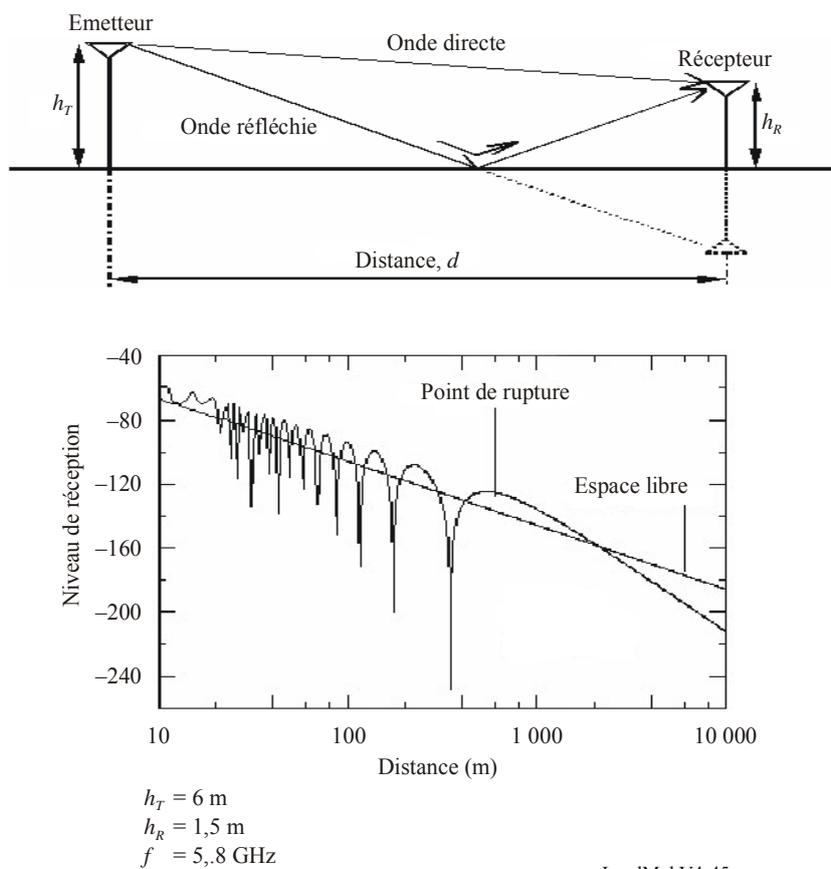
#### **4.5.3 Exigences relatives à la technologie de transmission radioélectrique**

Afin de répondre aux exigences fonctionnelles de radiocommunication ITS de prochaine génération, il est nécessaire de recourir à une technologie de transmission radioélectrique efficace. La première étape importante consiste à étudier les caractéristiques de propagation radioélectrique des DSRC afin de concevoir des systèmes qui utilisent les fréquences de façon efficace et qui résistent aux brouillages.

##### **4.5.3.1 Caractéristiques de propagation radioélectrique des DSRC**

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 45 présente un modèle de propagation à deux rayons. Elle 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 en fonction de la distance. 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. Etant 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 45  
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 (classiquement 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 (en  $1/d^4$ ). Les véhicules se déplaçant sur la route sont confrontés à des brouillages très importants.

#### 4.5.3.2 Considérations relatives à l'environnement de propagation des DSRC

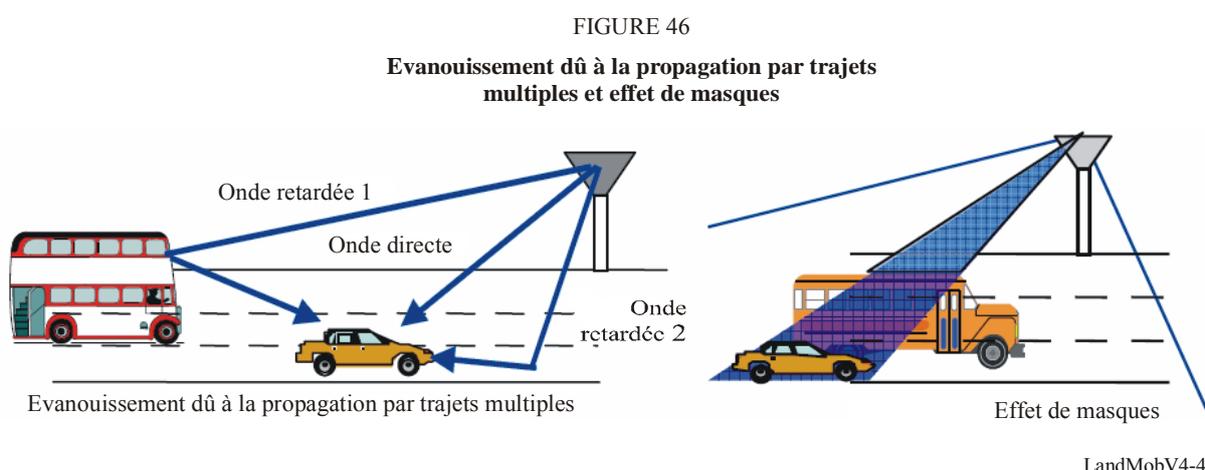
Outre les caractéristiques du modèle de propagation à deux rayons décrit ci-dessus, il convient, dans un environnement DSRC réel, d'examiner les facteurs de brouillages suivants:

**Evanouissement 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.

**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 une atténuation importante du champ.

**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.



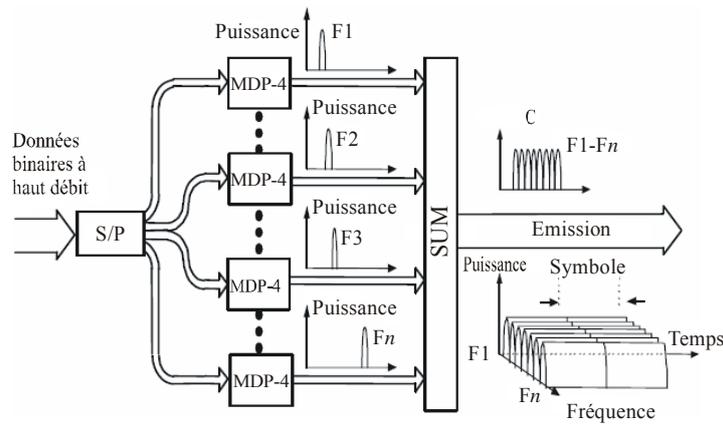
### 4.5.3.3 Technologies applicables aux radiocommunications ITS de prochaine génération

Contrairement aux DSRC conventionnelles caractérisées par une courte portée (zone 1) et un débit binaire moyen, les radiocommunications ITS de prochaine génération requièrent des transmissions de moyenne à longue portée (zones 2 et 3) et un débit binaire élevé. Comme indiqué ci-avant, pour pouvoir transmettre à moyenne et longue portée, il convient d'utiliser des technologies de transmission radioélectrique efficaces, caractérisées par une bonne utilisation des fréquences et une bonne résistance aux brouillages. Le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) est l'une des techniques mises en avant pour la radiocommunication ITS de prochaine génération.

La Figure 47 présente, sous forme de schéma, un exemple de modulation MROF. Le principe de base du MROF est de diviser un flux de données à débit élevé en plusieurs flux de données à débit plus lent et de transmettre ces flux simultanément sur des sous-porteuses orthogonales. Chaque sous-porteuse est modulée indépendamment, habituellement en utilisant une technique de type MAQ (modulation d'amplitude en quadrature) ou MDP (modulation par déplacement de phase). Le signal composite résultant en bande de base est utilisé pour moduler une porteuse radioélectrique principale. L'utilisation de la modulation MROF présente plusieurs avantages: grande efficacité d'utilisation du spectre, résistance aux brouillages dus à la propagation par trajets multiples, notamment résistance à l'étalement des temps de propagation, et facilité de filtrage du bruit.

FIGURE 47

Schéma de principe de la modulation MROF



S/P: conversion série-parallèle

LandMobV4-47

#### 4.5.4 Futur système DSRC et applications en Amérique du Nord

##### 4.5.4.1 Historique

Les fabricants de systèmes de PEP d'Amérique du Nord mettent actuellement en place des dispositifs utilisant la bande de fréquences 902-928 MHz. Ce spectre, appelé bande ISM, a également été attribué au service de localisation et de contrôle (SLC), en utilisation partagée en Amérique du Nord, dans le cadre des attributions de la Région 2 de l'UIT. Les fabricants de systèmes de PEP espèrent cependant obtenir une attribution de spectre officielle pour leurs systèmes. Ils utilisent soit la méthode active soit la méthode passive par rétrodiffusion, ces deux méthodes ayant été déployées alors qu'il n'existait pas encore de norme sur les DSRC. En 1999, un ensemble de normes DSRC compatibles concernant la bande 902-928 MHz a été publié. Ces normes sont principalement utilisées dans des applications pour véhicules utilitaires, mais aussi dans d'autres applications telles que la PEP.

«E-ZPass», plus grand système de PEP d'Amérique du Nord (également plus grand au monde), comptait, en novembre 2005, 14,2 millions d'abonnés (soit quasiment les trois quarts du péage électronique aux Etats-Unis). E-ZPass a été adopté par l'IAG (Interagency Group), groupe comptant 21 agences membres dans 11 Etats. Le système repose sur une technologie DSRC active dans la bande des 915 MHz. Le système «E-ZPass Plus» est également utilisable pour le stationnement dans certains aéroports américains.

En 1997, ITS America a demandé à la FCC d'attribuer 75 MHz dans la bande des 5,9 GHz à l'usage des ITS, notamment des DSRC. En 1999, la FCC a attribué la bande des 5,9 GHz aux applications ITS fondées sur les DSRC et a adopté des règles techniques fondamentales pour l'exploitation des DSRC.

En juillet 2004, la FCC a adopté des règles de services et de délivrance de permis pour le service des communications spécialisées à courte distance (DSRCS) en tant que service radioélectrique ITS dans la bande des 5,9 GHz afin de promouvoir une solution à l'échelle nationale aux problèmes de sécurité dans les transports. S'agissant du DSRCS, la FCC a adopté la norme technique ASTM E2213-03 (spécifications de la commande d'accès au support (MAC) et de la couche physique (PHY) relatives aux DSRC dans la bande des 5 GHz), publiée en septembre 2003, afin d'accorder des licences d'exploitation de la bande des 5,9 GHz pour la sécurité publique et non publique.

#### 4.5.4.2 Futur système DSRC en Amérique du Nord

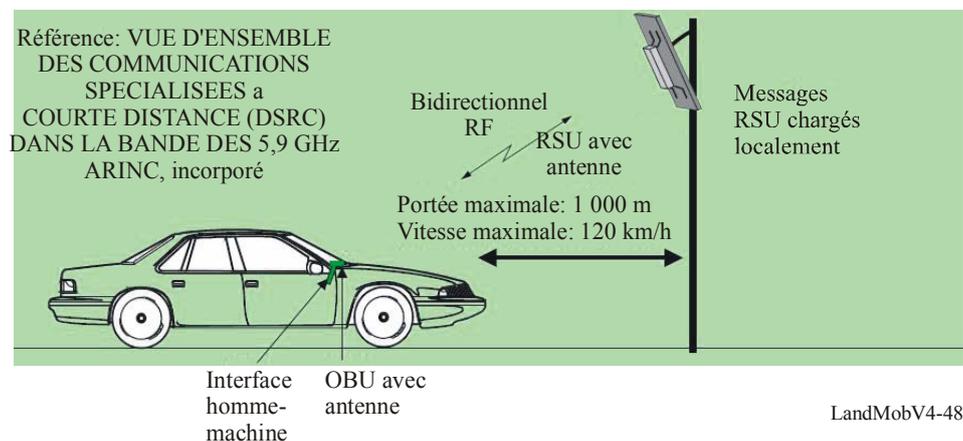
En Amérique du Nord, les DSRCs (services des communications spécialisées à courte distance) désignent l'utilisation de techniques radioélectriques dans le but de transférer des données sur de courtes distances entre des systèmes pararoutiers et des unités mobiles, entre plusieurs unités mobiles ou entre des unités portables et des unités mobiles, en vue d'exécuter des applications visant à améliorer le flux de trafic et la sécurité routière ainsi que d'autres applications ITS dans divers environnements. Les systèmes DSRCs peuvent également transmettre des messages de statut et des messages d'instruction relatifs aux unités concernées.

La norme technique ASTM E2213-03 relative au DSRCs spécifie la commande d'accès au support (MAC) et la couche physique (PHY) des équipements hertziens utilisant le DSRCs. Cette norme repose sur la norme 802.11 de l'IEEE (*Wireless LAN MAC and physical layer specifications (PHY)*/spécifications MAC et couche physique (PHY) des réseaux locaux hertziens) et s'y réfère. Elle se veut une extension de la technologie 802.11 aux environnements constitués de véhicules circulant à grande vitesse.

En novembre 2004 a été créé, au sein du groupe de travail IEEE 802.11, un «task group» chargé de proposer une modification à la norme IEEE 802.11, afin de normaliser les communications entre véhicules et systèmes pararoutiers et entre véhicules pour des vitesses jusqu'à 200 km/h minimum (120 miles/h) et des distances de communication inférieures à 1 000 m. Cette modification concernera la bande des 5 GHz - plus précisément la bande 5 850-5 925 MHz en Amérique du Nord -, l'objectif étant d'augmenter la mobilité et de renforcer la sécurité de toutes les formes de transport de surface, y compris les transports ferroviaires et maritimes. L'évolution, appelée «WAVE» (*Wireless Access in Vehicular Environments*/accès hertzien dans les environnements automobiles), en cours de définition par le TGp (Task Group p) de l'IEEE 802.11 sera intégrée, une fois achevée, à la norme technique ASTM E2213-3.

La Figure 48 présente une vue d'ensemble de WAVE. WAVE repose sur des analyses approfondies de la communication hertzienne dans un environnement mobile où les véhicules circulent à des vitesses jusqu'à 200 km/h au minimum (120 miles/h), les distances de communication pouvant atteindre 1 000 m. Comme le montre la Figure 49, la bande du service radioélectrique peut accepter sept canaux pour une largeur de bande totale de 75 MHz. La plupart des canaux ont une largeur de bande de 10 MHz; seul un canal, obtenu par combinaison de deux canaux de 10 MHz, possède une largeur de bande de 20 MHz.

FIGURE 48  
Vue d'ensemble de WAVE



Le Tableau 10 présente les principales caractéristiques de WAVE: modulation MROF avec débit binaire maximal: 27 Mbit/s (54 Mbit/s pour les canaux de largeur de bande 20 MHz); p.i.r.e. (puissance isotrope rayonnée équivalente) maximale admissible, conformément aux réglementations de la FCC: 44,8 dBm (30 W); puissance en sortie du dispositif limitée par la classe du dispositif; puissance en sortie maximale autorisée par dispositif: 28,8 dBm (0,75 W).

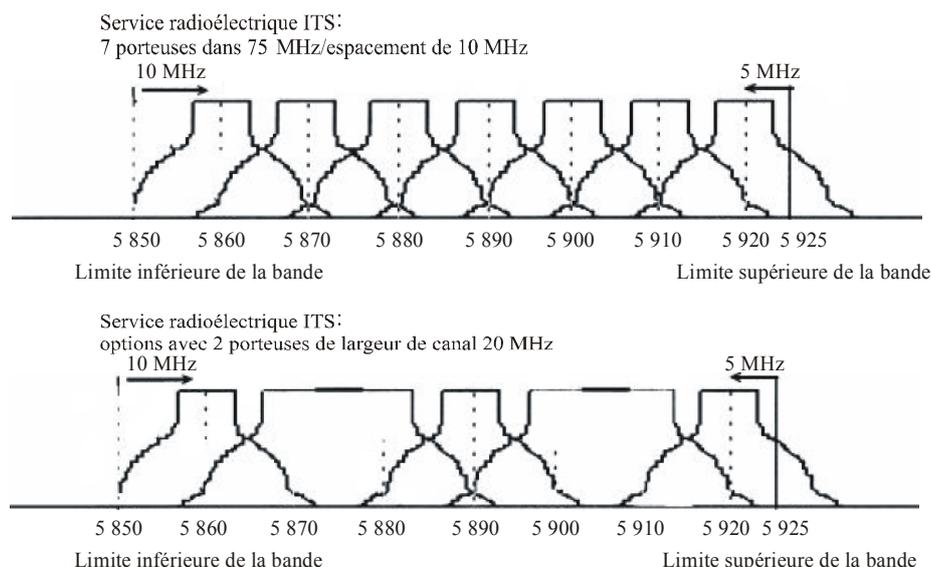
TABLEAU 10

**Principales caractéristiques de WAVE**

<b>Portée maximale</b>	1 000 m (~ 3 000 pieds)
<b>Largeur de bande</b>	75 MHz (5 850-5 925 MHz)
<b>Modulation</b>	MDP-2/MDP-4 MROF (avec options MAQ-16 et MAQ-64)
<b>Canaux</b>	7 canaux (combinaisons optionnelles de canaux de 10 MHz et 20 MHz)
<b>Débit binaire</b>	3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24 et 27 Mbit/s avec des canaux de 10 MHz
<b>Taux d'erreur de paquet (TEP)</b>	A 200 km/h, moins de 10% pour des longueurs de message de 64 octets

FIGURE 49

**Bande du service radioélectrique WAVE**



(Spécification de la norme E2213-03 )

LandMobV4-49

#### **4.5.4.3 Proposition d'applications DSRC en Amérique du Nord**

Parmi les services existants fondés sur les DSRC et exploitant la bande 902-928 MHz en Amérique du Nord, on peut citer la PEP, le paiement électronique de stationnement et la vérification électronique de véhicule utilitaire.

Pour ce qui concerne les applications futures conformes aux règles de services et de délivrance de permis pour le DSRC adoptées par la FCC en juillet 2004, les applications de sécurité publique sont au premier rang des priorités, bien que la FCC autorise l'exploitation de la bande des 5,9 GHz également pour la sécurité non publique (cette dernière utilisation étant secondaire).

Le Tableau 11 recense les applications DSRC proposées en Amérique du Nord. La Figure 50 fournit un exemple d'application DSRC à longue portée: «Préemption de la signalisation pour les véhicules d'urgence».

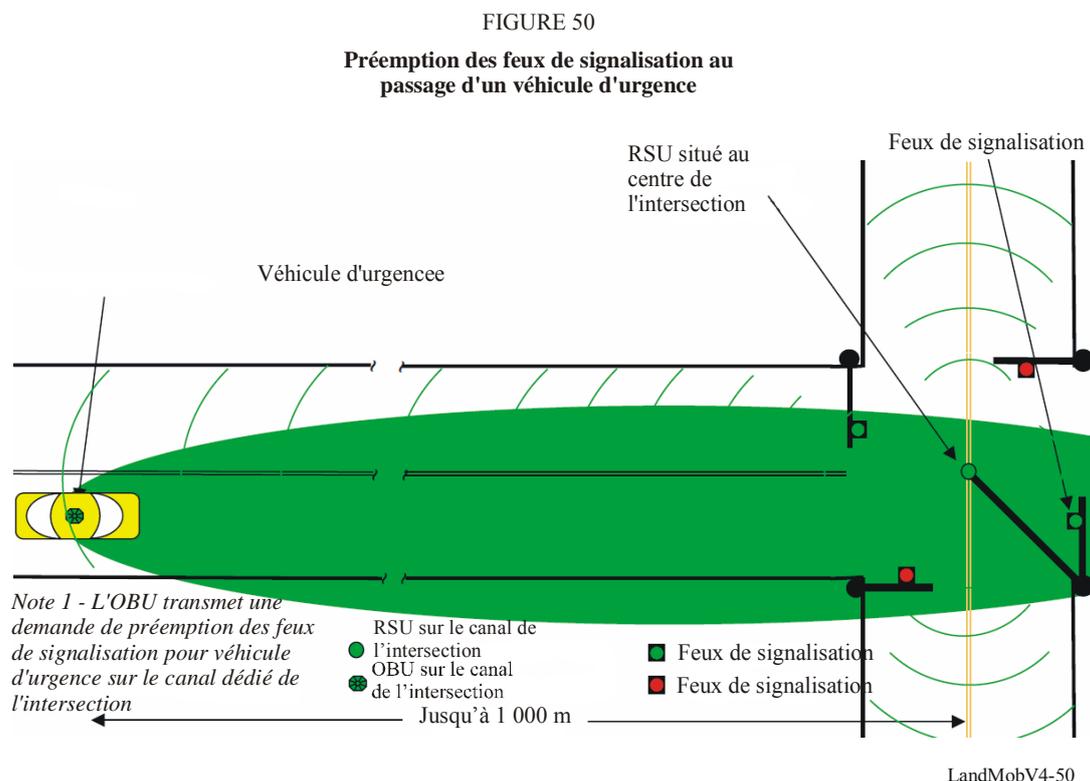
TABLEAU 11

**Proposition d'applications DSRC en Amérique du Nord**

<b>SÉCURITÉ PUBLIQUE</b>	<b>SECTEUR PRIVÉ</b>
COLLECTE DE DONNÉES ISSUES DE CAPTEURS	CONTRÔLE D'ACCÈS
INFORMATIONS DE CIRCULATION	PAIEMENT DE CARBURANT
PERCEPTION DE PÉAGE	PAIEMENT AUX DRIVE-IN
SIGNALISATION À BORD DE VÉHICULES – AVERTISSEMENT DE ZONE DE CHANTIER – AVERTISSEMENT DE CROISEMENT AVEC UNE AUTOROUTE OU UNE VOIE FERRÉE – AVERTISSEMENT CONCERNANT L'ÉTAT DE LA ROUTE	PAIEMENT DES PLACES DE STATIONNEMENT
PRÉVENTION DES COLLISIONS AUX INTERSECTIONS	TRANSFERT DE DONNÉES – DONNÉES ATIS – DONNÉES DE DIAGNOSTIC – DOSSIER DES RÉPARATIONS – MISE À JOUR LOGICIELLE DE L'ORDINATEUR DE BORD – MISE À JOUR DES DONNÉES CARTOGRAPHIQUES ET DES DONNÉES MUSICALES
AVERTISSEMENT ENTRE VÉHICULES - AVERTISSEMENT «VÉHICULE ARRÊTÉ» OU «RALENTISSEMENT DE VÉHICULE»	GESTION DE VÉHICULES DE LOCATION
AVERTISSEMENT DE RISQUE DE RETOURNEMENT	GESTION SPÉCIFIQUE DE PARC DE VÉHICULES UTILITAIRES
AVERTISSEMENT DE HAUTEUR DE PONT LIMITÉE	TRANSFERT DE DONNÉES DE VÉHICULES DE TRANSPORT EN COMMUN (SUR PARC DE STATIONNEMENT)
ANALYSE DE VÉHICULES CIRCULANT SUR LES GRANDS AXES	RAVITAILLEMENT EN CARBURANT DES VÉHICULES DE TRANSPORT EN COMMUN
VÉRIFICATIONS AUX POSTES-FRONTIÈRES	SUIVI DU NIVEAU DE CARBURANT DES LOCOMOTIVES
TRANSFERT DE DONNÉES DE SÉCURITÉ À BORD DE VÉHICULES	TRANSFERT DE DONNÉES RELATIVES AUX LOCOMOTIVES
JOURNAL QUOTIDIEN DU CONDUCTEUR	
INSPECTION DE SÉCURITÉ DES VÉHICULES	
TRANSFERT DE DONNÉES DE VÉHICULES DE TRANSPORT EN COMMUN (SUR VOIES DE BUS)	
PRIORITÉ DE SIGNALISATION POUR LES VÉHICULES DE TRANSPORT EN COMMUN	
PRÉEMPTION DE LA SIGNALISATION POUR LES VÉHICULES D'URGENCE	

#### 4.5.4.4 Besoins et tendances futures

Les DSRC ont d'abord été utilisées pour la perception électronique de péage et l'identification par radiofréquences. Si cette technologie, dans sa forme basique, peut prendre en charge d'autres classes d'application, elle n'est pas adaptée à de multiples utilisations envisagées pour le futur. Les nouvelles applications imposeront en effet aux DSRC de nouvelles exigences en termes de qualité de fonctionnement, de flexibilité et de compatibilité avec une large gamme de systèmes informatiques et de communication.



La nouvelle génération d'applications de sécurité sur autoroute, en cours de développement, doit pouvoir fonctionner sur de plus longues portées utiles que les systèmes DSRC existants, à savoir jusqu'à 1 000 m pour nombre d'entre elles. Ces applications de sécurité doivent en outre pouvoir établir des réseaux entre véhicules, même en l'absence de RSU à proximité. Pour ce faire, l'OBU doit fonctionner en mode peer-to-peer et être capable de créer son propre réseau *ad hoc* alors que le véhicule est en mouvement, ce qui est impossible à réaliser avec la technologie DSRC actuelle. A noter également que ces applications de sécurité exigent un niveau de fiabilité nettement plus élevé que les applications DSRC traditionnelles. En effet, une interruption de communication, pour peu qu'elle soit suffisamment sérieuse, peut entraîner des pertes humaines. Il faut donc éviter toute interférence avec un autre système radioélectrique situé dans la zone de communication d'un OBU. Les experts estiment par conséquent que ces applications doivent utiliser une bande de fréquences dédiée aux DSRC. Par ailleurs, le fait que les OBU fonctionnent de façon indépendante avec une longue portée se traduit par de multiples chevauchements des zones de communication. Ils doivent donc être capables d'envoyer et de recevoir des messages d'urgence indépendamment du nombre de zones de communication dans lesquelles ils se trouvent.

De nombreuses applications futures nécessiteront un accès Internet à bord des véhicules. Le protocole IP sera en outre requis au-delà du strict accès à Internet. Or la capacité des systèmes DSRC à transférer des paquets IP est limitée, contrainte d'autant plus gênante que les paquets sont transmis en tunnel et non via une simple encapsulation IP. Les systèmes existants peuvent donc

prendre en charge certaines applications telles que le courriel et la navigation sur Internet, mais ils ne peuvent pas tirer pleinement parti des avantages du protocole IP, notamment les fonctions d'adressage et de routage, lesquelles permettraient par exemple de constituer un réseau *ad hoc* de véhicules en circulation.

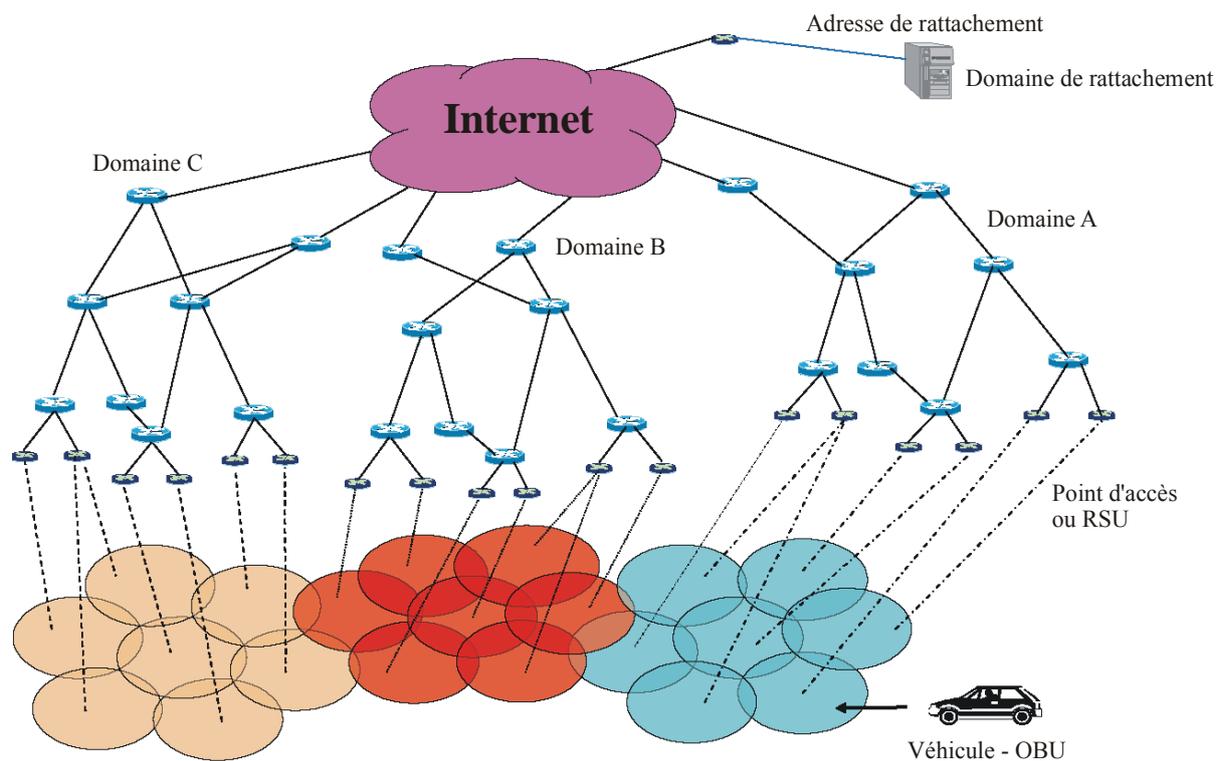
Il serait par ailleurs intéressant de disposer, à bord des véhicules, d'un système de communication intégré, étant donné qu'aucun moyen de communication à lui seul ne saurait satisfaire toutes les exigences futures. Les systèmes à dispositifs multiples, qui mettent en jeu par exemple le téléphone portable, le satellite et les DSRC, peuvent ici apporter une réponse. Il serait intéressant de permettre à chaque dispositif ou application de bord souhaitant communiquer avec un système situé à l'extérieur du véhicule d'utiliser l'une quelconque des possibilités ou toutes les possibilités de communication présentes dans le véhicule et de choisir celle qui répond le mieux aux capacités et aux besoins à un moment donné. Pour ce faire, il faut prévoir dans l'architecture une couche de routage bidirectionnel des données entre toute application s'exécutant dans le véhicule et tout dispositif de communication disponible.

#### **4.5.4.5 Principe et protocole Internet**

On se donne comme objectif le principe général suivant: que tout dispositif ou application à bord d'un véhicule puisse traiter tout système DSRC comme un simple nœud supplémentaire du réseau Internet. L'application embarquée doit donc pouvoir envoyer des messages à tout moment à tout autre nœud du réseau. Une application commerciale s'exécutant sur le véhicule pourrait par exemple envoyer des données à une adresse spécifique appartenant au réseau d'une entreprise. Inversement, l'entreprise pourrait envoyer un message à une application cliente qui s'exécute dans un véhicule donné, et ce, quelle que soit sa position.

Ce principe est illustré à la Figure 51, qui montre un domaine de rattachement fixe et des véhicules se déplaçant dans une certaine zone et accédant à Internet via différents points du réseau. Se pose le problème pour le domaine de rattachement de savoir comment accéder à un véhicule donné pouvant inopinément se trouver dans la zone de couverture de tout point d'accès de n'importe quel domaine. Se pose également le problème inverse: une application embarquée sur le véhicule cherche à envoyer un message au domaine de rattachement. Les informations d'adressage/routage requises changent à chaque fois que le véhicule entre dans la zone de couverture d'un nouveau RSU.

FIGURE 51  
Le véhicule en tant que nœud mobile du réseau Internet



LandMobV4-51

Le TC204/WG16 de l'ISO œuvre à la définition d'une architecture globale pour résoudre, entre autres, ce problème. La norme en cours de développement fournit un moyen qui, contrairement aux approches existantes, permet de gérer le véhicule mobile sans trop encombrer le réseau ni alourdir la gestion des tables de routage. Cette approche repose sur le NEMO (NETwork MObility), nom d'un «task group» de l'IETF, chargé de fixer la terminologie liée à la prise en charge de la mobilité des réseaux:

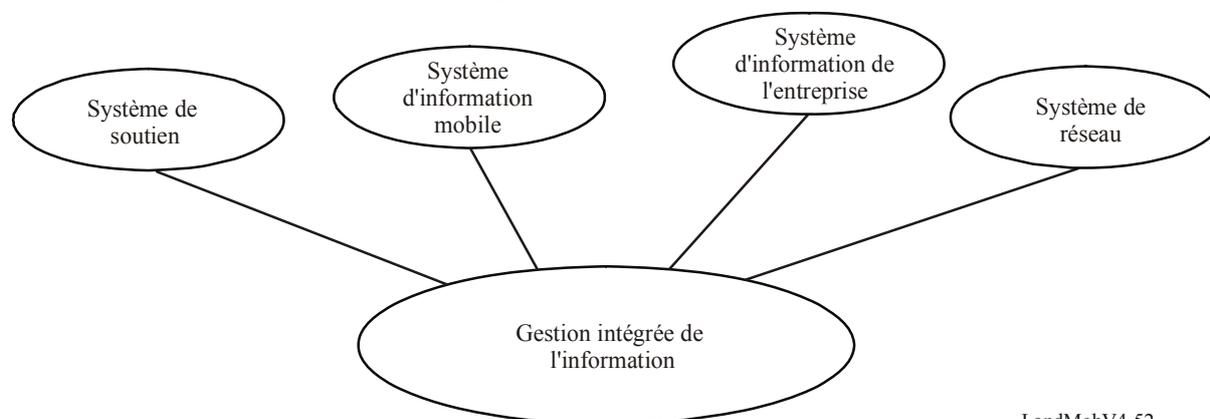
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-nemo-terminology-02.txt>

Par ce principe, il sera possible d'accéder directement via Internet à tout dispositif installé à bord de n'importe quel véhicule. Par exemple, le système de diagnostic de bord pourra, lorsqu'il aura détecté une panne, envoyer un message automatique aux concessionnaires agréés dont dépend le véhicule. Le concessionnaire pourra alors répondre en envoyant, sur le centre de messages du conducteur, une notification accompagnée de propositions de visites de contrôle.

Dans le cas des véhicules commerciaux, l'intérêt d'une telle fonctionnalité est manifeste. A l'avenir, les camions différeront de ceux que nous connaissons actuellement non tant par le nombre ou le type de fonctions et systèmes électroniques ou informatiques embarqués que par la façon d'intégrer l'ensemble de ces fonctions et systèmes dans l'architecture globale. Cette intégration relève plus que jamais de la gestion des données et non d'un problème d'interfaces mécaniques et électriques traditionnelles. Le camion ne sera plus, comme aujourd'hui, un simple transporteur de marchandises, mais il viendra s'intégrer dans le système global de transport. Les données de bord, y compris celles concernant le suivi et la sécurité de la cargaison, seront en permanence consultables par les systèmes pararoutiers, qui pourront ainsi gérer le véhicule, son conducteur et sa cargaison. Grâce aux systèmes de bord de gestion de la cargaison, le transporteur pourra gérer ses camions comme de véritables entrepôts mobiles et non plus comme des conteneurs sur roues.

Les problèmes de conception et de mise en œuvre mettront de plus en plus l'accent sur la gestion de l'information et des données et sur leur transfert entre les différents composants du système global de transport, dont le camion lui-même ne sera qu'un élément. La Figure 52 illustre ce principe.

FIGURE 52  
Le système «véhicule» du futur fera parti d'un système global  
De gestion de l'information



LandMobV4-52

Cette nouvelle approche imposera de nouvelles exigences sur les systèmes de communication tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des véhicules. Le système embarqué comprendra vraisemblablement un réseau de données dédié aux équipements informatiques (ordinateurs portables, systèmes de navigation, systèmes de contrôle de la cargaison, écrans évolués et systèmes centraux de contrôle de véhicule). Ce réseau pourrait reposer sur le protocole IP et sur une technologie filaire ou hertzienne. S'agissant de la communication à l'extérieur du véhicule, on peut s'attendre à ce que la téléphonie cellulaire et la communication par satellite, déjà couramment utilisées, demeurent des technologies très appréciables. Il convient cependant de noter que les nouvelles DSRC fondées sur IP - qui seront disponibles dans les prochaines années - devraient modifier l'offre actuelle des communications externes. Elles permettront à tout véhicule circulant à portée d'une antenne installée au bord de la route d'accéder à Internet à haut débit.

En conséquence, les systèmes embarqués disposeront de multiples possibilités de communication avec les systèmes pararoutiers. Le groupe TC204/WG16 de l'ISO a défini une nouvelle architecture qui permet à tout dispositif à bord d'un véhicule d'envoyer et de recevoir des messages via l'un quelconque de ces services de communication externe, en passant par un point d'accès unique. Un dispositif ne serait donc plus dédié à un service de communication spécifique, il ne serait même plus contraint de prendre en charge plusieurs interfaces de communication (une pour chaque service), mais pourrait utiliser le service qui répond le mieux à ses besoins à un moment donné. Avec cette association d'architectures et de communications DSRC fondées sur IP, il serait possible d'attribuer une adresse Internet non seulement à tout véhicule, mais également à chaque dispositif à l'intérieur du véhicule. Ce que ces travaux visent à promouvoir, c'est apporter et intégrer, de façon transparente, l'actuel réseau Internet terrestre non seulement dans les véhicules, mais aussi dans tous les systèmes embarqués. De cette façon, un transporteur pourrait accéder directement aux systèmes situés dans l'un quelconque de ses camions - indépendamment de la position du véhicule -, pour récupérer par exemple des informations sur le véhicule, la cargaison ou les interfaces opérateur.

#### 4.5.4.6 DSRC reposant sur le protocole IP

Les programmes ITS menés en Amérique du Nord ont recensé un grand nombre de méthodes qui permettraient de sécuriser les autoroutes et d'améliorer leur efficacité (réduction des encombrements). Parmi ces applications, beaucoup reposent sur les DSRC pour la communication entre un véhicule et des systèmes pararoutiers, mais aussi entre un véhicule et un autre véhicule.

L'étude de ces applications a fait apparaître d'emblée que les systèmes DSRC existants ne peuvent répondre aux exigences, notamment en termes de portée utile, d'interactions peer-to-peer et de communications entre véhicules. Il a donc été décidé de lancer un nouveau projet de développement d'une nouvelle classe de technologie DSRC.

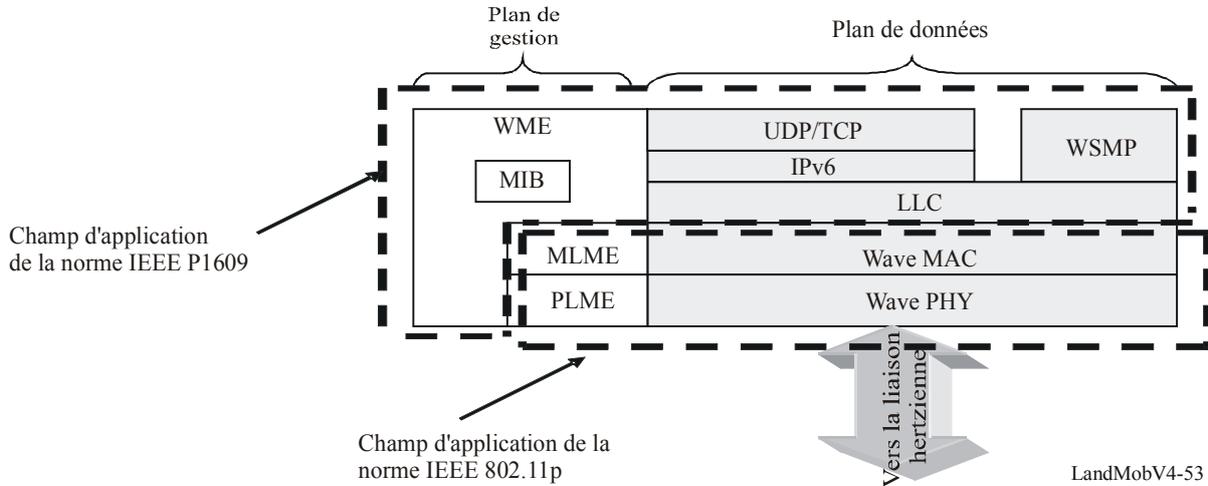
La première étape de ce projet a consisté à évaluer plus d'une centaine de propositions d'application afin de définir les spécifications de ce nouveau système de communication. Les applications les plus exigeantes sont celles relatives à la sécurité sur les autoroutes. Parmi les types de spécifications mis en lumière par cette analyse, on peut citer:

- Interopérabilité complète sur l'ensemble du territoire nord-américain
- Communications entièrement bidirectionnelles:
  - entre véhicules et systèmes pararoutiers
  - entre véhicules
- Latence faible (temps d'établissement de la connexion de quelques millisecondes)
- Sécurité et communication anonyme
- Possibilités de mise en œuvre à grande échelle (nombreuses zones de chevauchement)
- Longue portée (jusqu'à 1 000 m)
- Débits binaires élevés (jusqu'à 54 Mbit/s)
- Prise en charge de l'ensemble des applications des installations
- Capacité à répondre aux besoins des entreprises (coûts, emplois du temps, etc.).

Pour garantir que les applications relatives à la sécurité s'appuient sur un service de très haute qualité, il a été jugé nécessaire d'attribuer une bande radioélectrique dans laquelle les DSRC seraient autorisées à émettre en tant qu'utilisateur principal. En effet, les bandes de fréquences existantes pour les DSRC ne sont pas assujetties à licence et pâtiennent des brouillages provoqués par d'autres utilisateurs également non assujettis. De plus, un grand nombre de ces applications nécessitent une portée utile (niveau de puissance) impossible à atteindre avec ces bandes de fréquences. C'est pourquoi une partie du programme consistait à attribuer une bande de fréquences commune à l'ensemble du territoire nord-américain, assujettie à licence et dont les DSRC seraient l'utilisateur principal. La bande de fréquences 5 855-5 925 MHz a été approuvée et sera utilisée sur l'ensemble du territoire nord-américain (à noter, s'agissant des canaux, quelques différences entre les Etats-Unis d'Amérique et le Canada, relativement mineures et prises en compte dans les normes).

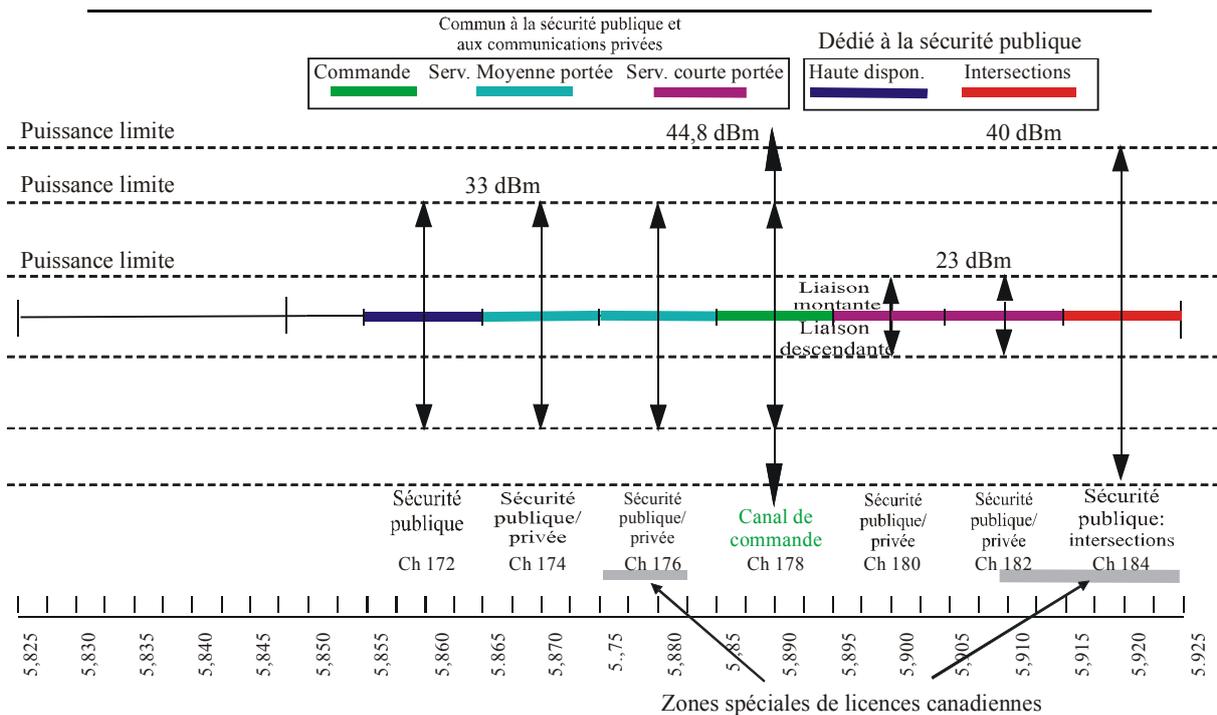
Le premier objectif est l'installation d'un équipement radio DSRC offrant une interopérabilité complète avec toutes les applications relatives à la sécurité, et ce, en tant qu'élément permanent et intégré sur toutes les voitures neuves vendues en Amérique du Nord. Cet objectif requiert l'acceptation de tous les acteurs du marché (d'où, entre autres, des risques liés aux produits bas de gamme et technologiquement inférieurs) et des capacités de déploiement rapide. La technologie de base choisie est IEEE 802.11 (Wi-Fi), plus précisément IEEE 802.11a, qui offre de multiples avantages par rapport à la norme plus courante IEEE 802.11b. La norme IEEE 802.11 ne peut être utilisée telle quelle dans un environnement autoroutier. Il est en effet nécessaire d'y apporter des modifications pour résoudre certains problèmes, notamment la propagation par trajets multiples et l'effet Doppler. En outre, de nombreuses applications nécessitent des temps de réponse très courts, de l'ordre de quelques millisecondes. La norme de base IEEE 802.11 fait donc actuellement l'objet d'une évolution: la nouvelle norme IEEE 802.11p. A noter par ailleurs la norme IEEE P1609, spécifiquement développée pour les couches supérieures et les aspects liés à la sécurité. On obtient ainsi un système DSRC reposant sur l'architecture illustrée à la Figure 53.

FIGURE 53  
Architecture des DSRC fondées sur IP



En Amérique du Nord, pour prendre en charge le chevauchement des nombreuses zones de communication, la bande de fréquences a été divisée en 7 canaux de 10 MHz, comme indiqué à la Figure 54. Le canal 178 est utilisé comme un canal de commande, sur lequel sont diffusés des annonces de service ciblées et des messages courts de haute priorité. Lors d'une demande d'échange bidirectionnel de données ou lors de l'envoi de messages de basse priorité, l'annonce de service demande au dispositif récepteur de basculer vers un canal de service spécifique. Les échanges de données s'effectuent ensuite sur le canal de service. Les spécifications des normes IEEE 803.11p et IEEE P1609.3 autorisent le chevauchement des zones de communication et garantissent la transmission, par les différents dispositifs, des annonces et messages courts prioritaires.

FIGURE 54  
Plan de disposition des canaux pour l'Amérique du Nord



Cette approche, reposant sur les futures DSRC basées sur la technologie IP, a donné lieu à des essais exhaustifs. Les résultats ont montré qu'en utilisant des jeux de puces électroniques actuellement commercialisés, il est possible de répondre à toutes les spécifications techniques. Tous les grands constructeurs automobiles ont décidé d'appliquer les nouvelles normes et prévoient d'inclure en standard les équipements radios DSRC et de nombreuses applications de sécurité dans leurs nouveaux modèles. Ils travaillent de concert avec le ministère des Transports des Etats-Unis afin de mener des essais visant à contrôler le bon fonctionnement d'un premier déploiement relativement important de véhicules équipés, au sein d'une infrastructure régionale, l'objectif étant de valider les différents éléments pour la mise en place d'un système complet à l'échelle nationale. Lors de ces essais, il est prévu de tester la communication entre véhicules et la communication entre véhicules et systèmes pararoutiers ainsi que les éléments locaux, régionaux et nationaux de l'infrastructure pararoutière.



## CHAPITRE 5

### COMMUNICATIONS PAR ONDES MILLIMÉTRIQUES

#### 5.1 Introduction

La région millimétrique du spectre électromagnétique correspond aux fréquences de la bande radioélectrique comprises entre 30 GHz et 300 GHz (longueurs d'onde comprises entre 10 mm et 1 mm). L'une des caractéristiques les plus importantes des ondes millimétriques est leur capacité à transmettre de grandes quantités de données: données informatiques par exemple, mais aussi canaux multiplexés télévision ou voix via les émetteurs-relais de radiodiffusion. En outre, la fréquence élevée des ondes millimétriques permet de réaliser des équipements de petite taille, notamment des antennes compactes de gain élevé, qui sont bien adaptées à l'automobile.

Dans les systèmes de transport intelligents, les ondes millimétriques sont un moyen important de communication et de détection. On les utilise en particulier dans les systèmes radar, car elles permettent de générer facilement un faisceau étroit pour discriminer les petits objets distants. Les principales attributions de spectre millimétrique pour les ITS aux Etats-Unis, en Europe et au Japon sont présentées ci-dessous:

##### *Etats-Unis:*

- 76-77 GHz: Systèmes radar de prévention des collisions de véhicules
- 22-29 GHz: Système radar pour véhicules (UWB: bande ultralarge)

##### *Europe:*

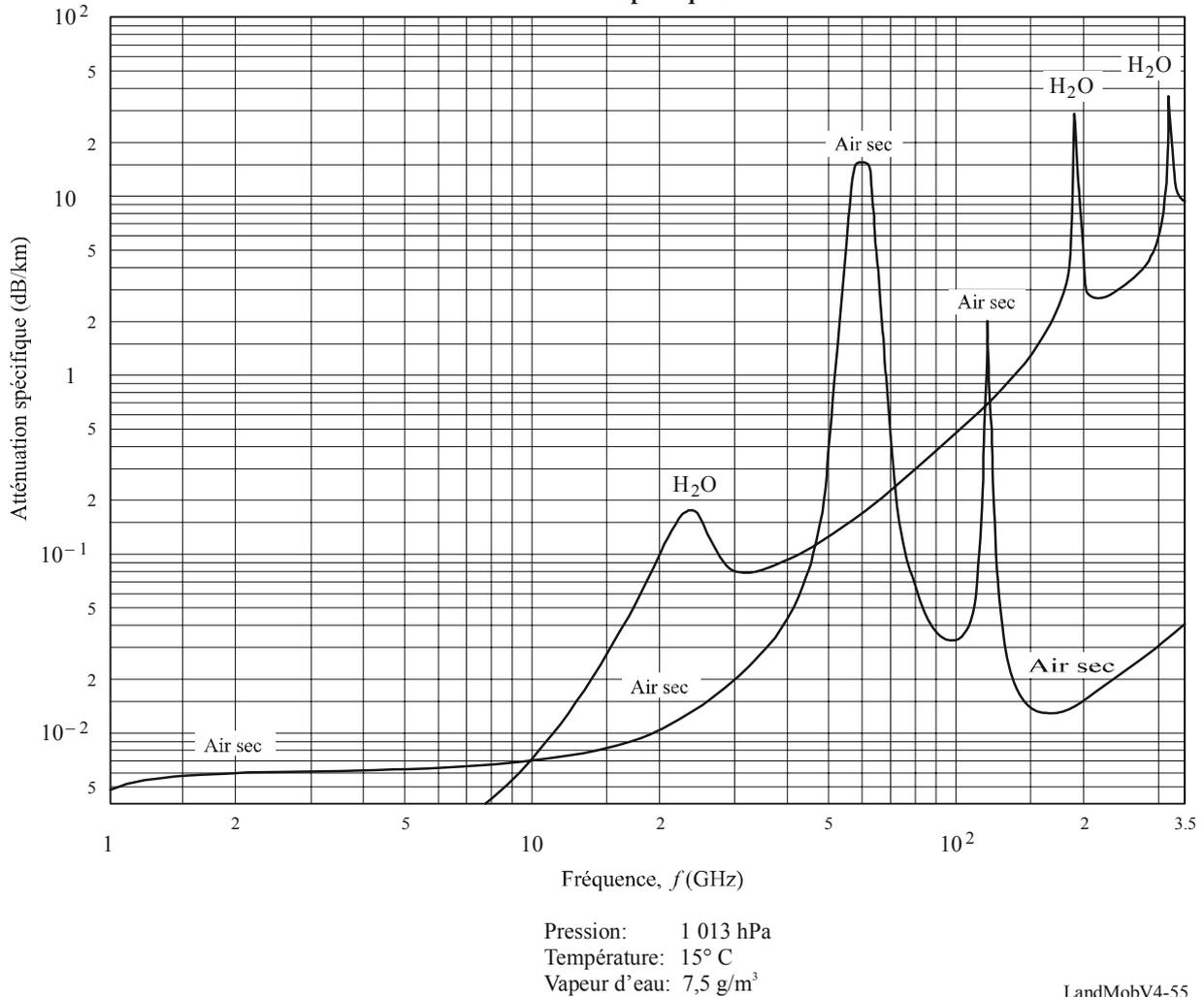
- 63-64 GHz: Communications entre véhicules et entre systèmes pararoutiers et véhicules
- 76-77 GHz: Systèmes radar pour véhicules, systèmes de prévention des collisions et systèmes de régulation de la vitesse
- 21,65-26,65 GHz: Equipement radar automobile à courte portée
- 77-81 GHz: Equipement radar automobile à courte portée

##### *Japon:*

- 76-77 GHz: Systèmes radar pour véhicules
- 60-61 GHz: Systèmes radar pour véhicules

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 55 illustre l'atténuation spécifique due 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 55  
Atténuation spécifique due aux gaz  
atmosphériques



Outre les atténuations dues à la diffraction, à la diffusion par la végétation, etc., la propagation des ondes électromagnétiques dans la bande des 60 GHz subit des atténuations sur le trajet - beaucoup plus importantes - dues à l'absorption par la pluie et par les molécules d'oxygène. Du fait de ses caractéristiques spécifiques, la bande des 60 GHz est largement utilisée pour les communications à courte portée et à faible puissance, non assujetties à licence.

En 2001, la FCC (Commission fédérale des communications des Etats-Unis) a attribué une bande de spectre continue de 7 GHz, entre 57 et 64 GHz, pour les communications hertziennes dans le cadre des utilisations non assujetties à licence. En 1992, en Europe, la CEPT-ERC (Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications-Comité européen de radiocommunications) a émis une décision ERC (ERC/DEC(92)02) attribuant aux systèmes ITS RTTT (télématique du transport routier et de la circulation) la bande de fréquences comprise entre 63 et 64 GHz pour les communications entre véhicules et les communications entre véhicules et systèmes pararoutiers. En 2002, l'ECC (Comité des communications électroniques) a retiré la Décision ERC (92)02, remplacée par la Décision ECC (02)01, laquelle est entrée en vigueur le 15 mars 2002.

En 2000, le ministère japonais des Postes et des Télécommunications (aujourd'hui ministère de l'Intérieur et des Télécommunications) a révisé les règles d'attribution de licences dans la bande des 60 GHz pour les stations radioélectriques à faible puissance: la bande de fréquences 59-66 GHz est

aujourd'hui utilisée pour les systèmes non assujettis à licence, notamment les émetteurs de communications entre véhicules ou entre systèmes pararoutiers et véhicules. Ces stations comprennent également les radars pour véhicules, auxquels cette bande de fréquences était déjà assignée.

Les avantages de l'utilisation des ondes millimétriques pour la radiocommunication dans les systèmes de transport intelligents, y compris les systèmes radar, se résument ainsi:

- Grandes largeurs de bande autorisant des débits binaires élevés
- Faible probabilité de brouillages du fait de l'atténuation élevée due à l'atmosphère
- Evanouissement 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.

## **5.2 Radar pour véhicules**

### **5.2.1 Historique**

Il est possible, grâce à des capteurs, de détecter et d'identifier des objets situés à proximité de véhicules. Les techniques de renforcement de la sécurité fondées sur ce principe jouent un rôle essentiel dans la conception d'applications visant à assister la perception visuelle des conducteurs. Il ressort des projets d'étude et développement sur différents types de capteurs qu'un RADAR (*Radio Detection And Ranging*/détection électromagnétique) utilisant des ondes radioélectriques convient à ce type d'application. Afin de garantir un fonctionnement stable des radars et une utilisation efficace des fréquences, il est essentiel de réglementer, au niveau international, les radars à courte portée pour applications automobiles. En application du Règlement des radiocommunications et au vu des caractéristiques d'absorption des ondes radioélectriques dans l'atmosphère (voir ci-dessus), les bandes de fréquences 60-61 GHz et 76-77 GHz ont été jugées adaptées aux systèmes radar. Aux Etats-Unis, la bande des 76 GHz a déjà été assignée par la FCC (Commission fédérale des communications) pour les radars automobiles. Le ministère japonais des Postes et des Télécommunications (aujourd'hui ministère de l'Intérieur et des Télécommunications) a assigné les bandes 60-61 GHz et 76-77 GHz aux radars automobiles à courte portée et à faible puissance. En outre, conformément aux exigences européennes de 2002 relatives au spectre de fréquences pour les systèmes télématiques du transport routier et de la circulation (RTTT), l'ETSI a adopté en 1998 une norme européenne pour les radars automobiles à faible puissance fonctionnant dans la bande 76-77 GHz (EN 301 091). La Recommandation UIT-R M.1452 relative aux radars à faible puissance et à courte portée pour véhicules fonctionnant dans les bandes 60-61 GHz et 76-77 GHz a été adoptée et publiée en 2000.

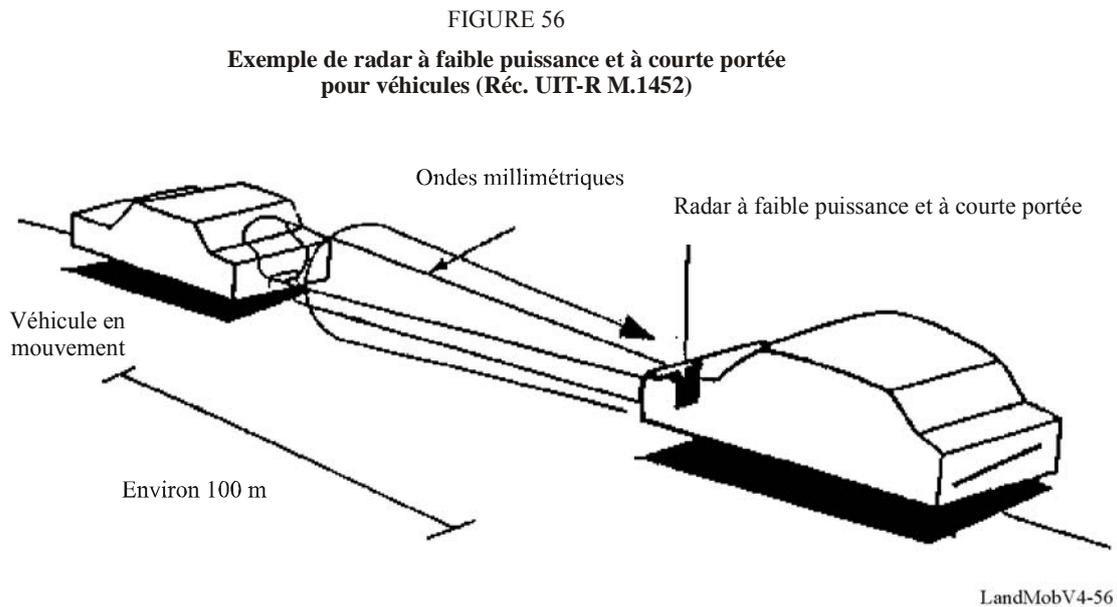
En Europe, le radar à bande ultralarge (UWB) et à courte portée (SRR) fonctionnant à 24 GHz est considéré comme une technologie de premier ordre pour la mise en place rapide et rentable de nombreux systèmes de sécurité intelligents pour véhicules. En janvier 2005, la Commission européenne a accordé une utilisation temporaire (jusqu'au 1er juillet 2013) de la bande des 24 GHz pour les équipements radar à courte portée pour véhicules exploitant la bande ultralarge. A l'issue de cette période, les équipements SRR devront utiliser la bande de fréquences 77-81 GHz à titre définitif (voir ECC/DEC/(04)03). En effet, si les véhicules dotés de radars à courte portée utilisant la bande de fréquences des 24 GHz venaient à représenter une part importante des véhicules en circulation, les applications fonctionnant dans cette bande de fréquences seraient de plus en plus soumises à de forts niveaux de brouillages qui leur seraient préjudiciables. La CEPT (Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications) le souligne, le partage entre les services d'exploration de la Terre par satellite et les radars à courte portée pour véhicules n'est envisageable qu'à titre temporaire.

## 5.2.2 Radar à faible puissance pour véhicules fonctionnant à 60 GHz et 76 GHz

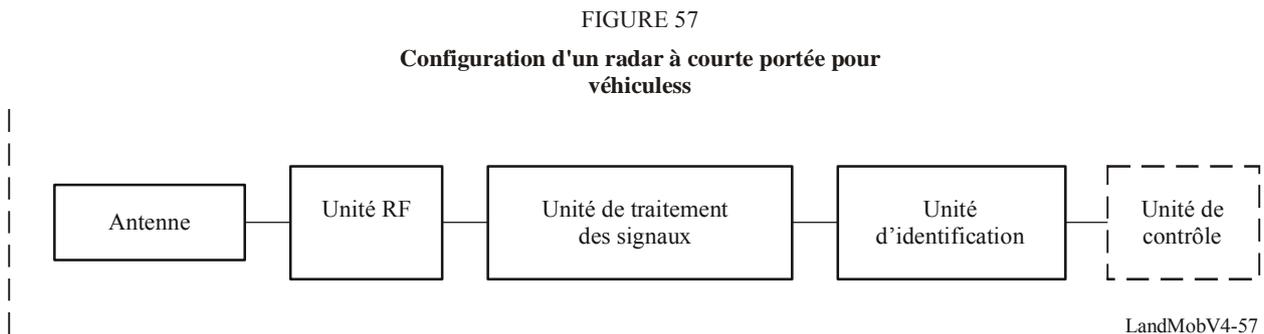
### 5.2.2.1 Généralités

Un radar à faible puissance et à courte portée pour véhicules utilisant les ondes millimétriques peut observer son environnement sur environ 100 m et doit donc pouvoir prévenir les collisions et autres accidents. A l'avenir, le radar à faible puissance et à courte portée sera utilisé dans les systèmes adaptatifs de régulation de la vitesse et pour la «conduite autonome». Le principal avantage du radar par rapport aux dispositifs concurrents (laser, équipements de vision infrarouge, etc.), réside dans sa résistance au mauvais temps (pluie, brouillard et neige) et à la saleté: le radar à courte portée est bien adapté aux véhicules se déplaçant dans un environnement très peu favorable.

La Figure 56 présente un exemple de radar à faible puissance et à courte portée pour véhicules.



La Figure 57 illustre la configuration des radars à courte portée pour véhicules.



**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.

### 5.2.2.2 Spécifications système

Ci-dessous figurent les spécifications système extraites de la Recommandation UIT-R M.1452 - Radars à faible puissance et à courte portée pour véhicules, à 60 GHz et 76 GHz.

a) *Bande des fréquences radioélectriques*

– Bande des 60 GHz: 60-61 GHz

– Bande des 76 GHz: 76-77 GHz

b) *Méthode radar et méthode de modulation<sup>2</sup>*

Il est recommandé d'utiliser les quatre méthodes radar (et les méthodes de modulation) suivantes:

– Modulation de fréquence-onde entretenue (modulation de fréquence)

– Impulsions (modulation par impulsion)

– Onde entretenue bifréquence (pas de modulation ni de modulation de fréquence)

– Étalement du spectre (étalement du spectre en séquence directe)

c) *Puissance d'émission et gain d'antenne*

Puissance d'émission (puissance transférée à l'antenne): inférieure ou égale à 10 mW (puissance maximale)

Gain d'antenne: inférieure ou égale à 40 dB

d) *Largeur de bande spécifiée*

Jusqu'à 1,0 GHz.

### 5.2.3 Radar à bande ultralarge (UWB)

#### 5.2.3.1 Généralités

La technologie UWB repose sur des impulsions très étroites de très courte durée produisant des largeurs de bande d'émission très larges ou à large bande (voir Figure 58). On définit généralement l'UWB comme le signal radioélectrique dont la largeur de bande relative est supérieure à 20% de la fréquence centrale ou dont la largeur de bande à 10 dB occupe au moins 500 MHz du spectre. S'ils respectent les normes techniques appropriées, les dispositifs UWB peuvent fonctionner dans le

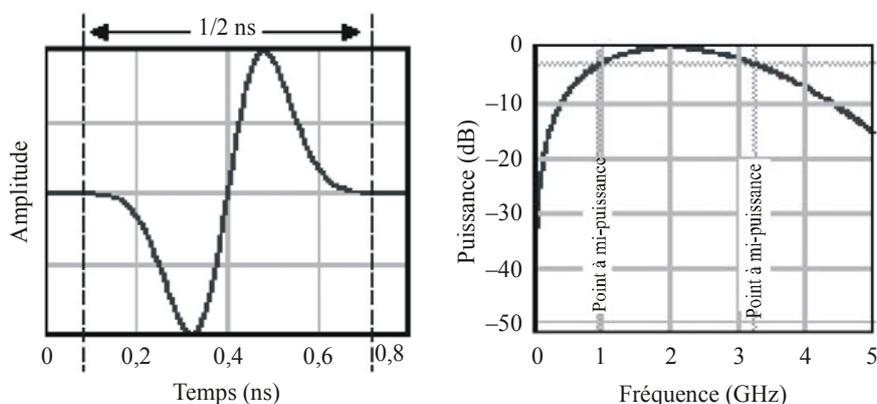
---

<sup>2</sup> Une méthode par onde entretenue bifréquence permet de déterminer, d'une part, la distance par rapport au véhicule par mesure de différence de phase entre deux porteuses et, d'autre part, la vitesse relative par rapport au véhicule par effet Doppler (décalage de la fréquence du faisceau radar du fait du mouvement du véhicule). On trouvera de plus amples informations sur les autres méthodes par modulation à l'Annexe 4 «Exemples de méthodes de modulation» de la norme ETSI EN 301 091-1 V1.2.1 intitulée «Télématique de la circulation et du transport routier; Equipement radar fonctionnant dans les bandes de 76 GHz à 77 GHz; Partie 1: Caractéristiques techniques et méthodes de test pour les radars fonctionnant dans les bandes de 76 GHz à 77 GHz».

spectre de fréquences occupé par les services radioélectriques existants sans causer de brouillages, ce qui permet d'utiliser plus efficacement les ressources spectrales limitées.

FIGURE 58

**Représentation d'un cycle temporel UWB et domaines de fréquence**  
(UWB, A possible area for standards, exposé de la FCC lors de la réunion GSC-8)



LandMobV4-58

### 5.2.3.2 La situation aux Etats-Unis d'Amérique

Le 22 avril 2002, la FCC (Commission fédérale des communications) des Etats-Unis a publié le premier «Report and Order» portant modification de la Partie 15 de la réglementation de la FCC afin d'autoriser la vente et l'exploitation de certains types de nouveaux produits intégrant la technologie UWB. La FCC autorise la technologie UWB avec toute la prudence requise afin d'éviter les brouillages de services autorisés et d'autres applications radioélectriques importantes aux Etats-Unis. L'«Order» établit différentes normes techniques et restrictions d'exploitation pour trois types de dispositifs UWB en fonction des brouillages qu'ils peuvent causer.

Les trois types de dispositifs UWB en question sont les suivants:

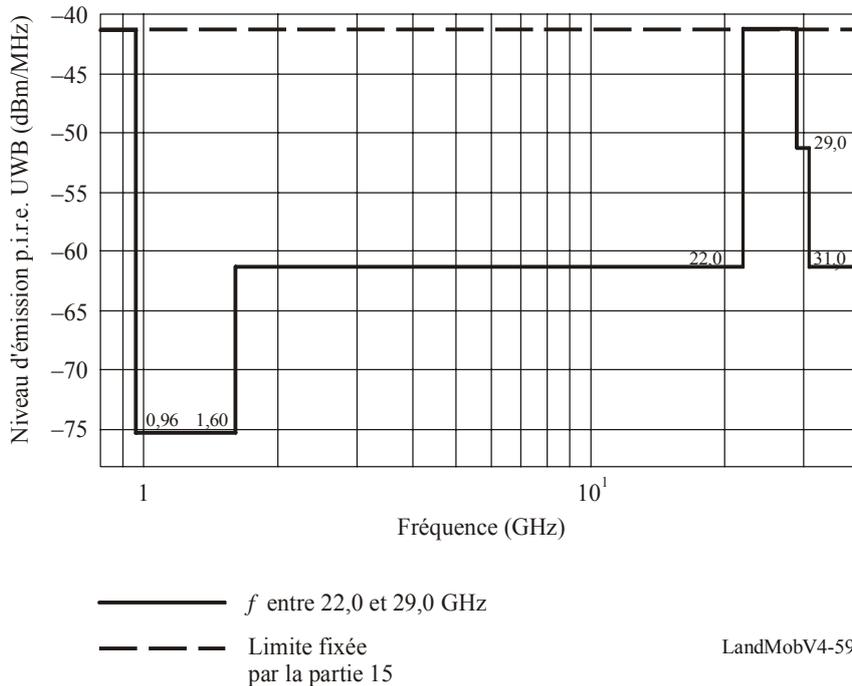
- 1) Systèmes d'imagerie, y compris les géoradars (GPR), l'imagerie de l'intérieur des murs et à travers les murs, l'imagerie médicale et les dispositifs de surveillance
- 2) Systèmes radar de véhicules à 24 GHz
- 3) Systèmes de communication et de mesure.

Le radar de véhicules à 24 GHz est l'un des dispositifs les plus importants utilisant la technologie UWB. Ce type de radar, capable de déterminer la localisation et le mouvement d'objets situés à proximité d'un véhicule, est bien adapté aux applications telles que la prévention des collisions, l'activation optimisée de l'airbag et l'optimisation de l'amortissement en fonction de l'état de la route. Les systèmes radar pour véhicules fonctionnent dans la bande 22-29 GHz. Ils utilisent des antennes directionnelles placées à bord de véhicules de transport terrestre. La fréquence centrale d'émission et la fréquence à laquelle apparaît la plus forte émission par rayonnement doivent être supérieures à 24 075 MHz. Pour protéger les capteurs passifs spatioportés exploitant la bande 23,6-24,0 GHz, il est strictement requis d'atténuer les émissions inférieures à 24 GHz au-dessus du plan horizontal, et ce, selon le calendrier suivant: 2005, 2010, 2014.

La Figure 59 illustre les limites d'émission par rayonnement pour les systèmes radar UWB telles que spécifiées à la Partie 15 de la réglementation publiée par la FCC.

FIGURE 59

**Limites des émissions par rayonnement pour les systèmes radar UWB**  
(Tiré de la Partie 15 de la réglementation de la FCC Section 15.515)



### 5.2.3.3 Situation en Europe

L'Union européenne (UE) soutient avec force le SRR par le biais de son initiative eSafety, initiative conjointe entre le secteur public et le secteur privé visant à accélérer le développement, le déploiement et l'utilisation des systèmes de sécurité intégrés et intelligents employant les TIC (technologies de l'information et de la communication), et ce, afin d'augmenter la sécurité sur les routes européennes et de réduire le nombre d'accidents.

En juillet 2004, la Commission européenne a attribué la bande de fréquences des 79 GHz aux équipements radar à courte portée pour véhicules. Les industries automobiles ont certes proposé d'utiliser la bande des 24 GHz pour le SRR, mais il existe des risques de brouillages avec le service fixe, les applications de radioastronomie et les satellites d'exploration de la Terre. A noter en outre que la bande des 77 GHz, attribuée aux radars à balayage avant et faisceau étroit des systèmes de régulation de la vitesse, n'est pas compatible avec les dispositifs de prévention des collisions exploitant la même bande de fréquences. C'est pourquoi la Commission a proposé et adopté l'utilisation de la bande des 79 GHz pour les nouveaux SRR. Reste qu'il faudra quelques années pour développer les composants nécessaires aux radars utilisant la bande des 77 GHz ou des 79 GHz. Au vu de ces considérations, il a été décidé d'utiliser la bande des 24 GHz jusqu'à la date limite du 1er juillet 2013, puis de migrer vers la bande des 79 GHz sur le long terme. En janvier 2005, la Commission européenne a donc accordé une utilisation temporaire de la bande des 24 GHz pour les équipements radar à courte portée pour véhicules exploitant la bande ultralarge.

Le consortium industriel SARA (*Short-range Automotive Radar frequency Allocation*/attribution des fréquences pour les radars automobiles à courte portée), créé en mars 2001 et composé de constructeurs et d'équipementiers automobiles, œuvre, au niveau de l'Union européenne, à la définition d'une réglementation concernant les radars pour véhicules à bande ultralarge utilisant la bande des 24 GHz. Le Tableau 12 présente les caractéristiques des systèmes de régulation automatique de la vitesse et des radars UWB pour véhicules. La Figure 60 illustre les différentes applications des radars pour véhicules.

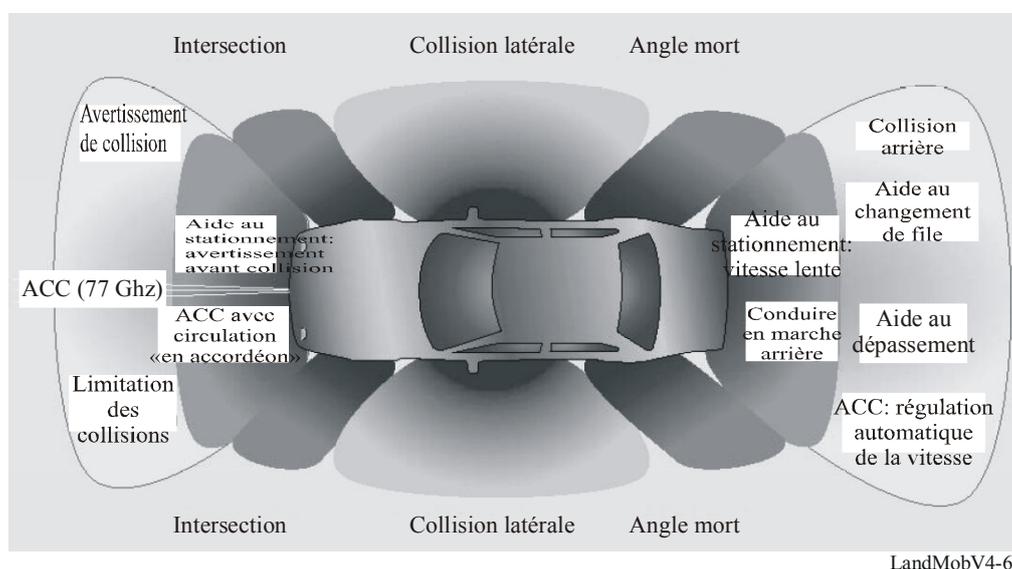
TABLEAU 12

**Régulation automatique de la vitesse et radars UWB**

Paramètre	Régulation automatique de la vitesse (radar à 77 GHz)	Radar UWB à courte portée (24 GHz)
Portée	2-120 m	0,3-30 m
Résolution	100 cm (largeur de bande 0,5 GHz)	3 cm (largeur de bande 5 GHz)
Caractéristiques	Capacités multicibles; résiste bien aux conditions météorologiques	Fiable; couverture complète de la zone avant des véhicules

FIGURE 60

**Applications des systèmes radar UWB**



Source: Atelier UIT-T sur la normalisation dans les télécommunications pour véhicules à moteur, organisé les 24 et 25 novembre 2003 (<http://www.itu.int/ITU-T/worksem/telecomauto/index.html>)

### 5.3 Tendances futures

#### 5.3.1 Cadre général

Les ondes millimétriques présentent certaines caractéristiques intéressantes (communication en ligne directe, affaiblissement de propagation élevé, etc.), qui les destinent tout particulièrement aux communications entre véhicules et entre véhicules et infrastructures pararoutières. Les ondes millimétriques sont à même d'offrir aux applications de transport et de sécurité automobile une communication sécurisée à large bande. La Recommandation UIT-R M.1310 intitulée «Systèmes de commande et d'information des transports - Objectifs et besoins» souligne la nécessité d'élaborer une nouvelle Recommandation sur les communications entre véhicules.

La Recommandation 70-03 de la CEPT-ERC (voir Annexe 5) relative à l'utilisation des dispositifs à courte portée énonce les conditions de fonctionnement des systèmes télématiques de la circulation et du transport routier (RTTT), notamment des applications fondées sur les ondes millimétriques. Le groupe ETSI TC ERM TG31B définit actuellement les conditions de fonctionnement et les

spécifications techniques des systèmes de radiocommunication ITS par ondes millimétriques. Au Japon, les technologies de communication ITS par ondes millimétriques au voisinage des 60 GHz, notamment les communications entre véhicules, de véhicule à système pararoutier et de système pararoutier à véhicule, sont en phase de simulation et de test sur le terrain.

### 5.3.2 Etude des radiocommunications ITS à ondes millimétriques à l'UIT-R

L'UIT-R propose un cadre pour l'élaboration de projets de nouvelles recommandations complètes couvrant les besoins et les applications des futurs ITS mobiles utilisant les ondes millimétriques. Dans ce cadre, les études suivantes seront menées au titre de la Question UIT-R 205/8 - ITS:

- Etude sur les applications à ondes millimétriques pour les ITS
- Prescription fonctionnelles des systèmes de radiocommunication ITS à ondes millimétriques
- Caractéristiques techniques de la couche physique et de la couche liaison de données des systèmes de radiocommunication ITS à ondes millimétriques
- Caractéristiques de propagation des communications entre véhicules à ondes millimétriques
- Etude des brouillages causés aux autres systèmes utilisant des ondes millimétriques et étude de compatibilité avec ses systèmes.

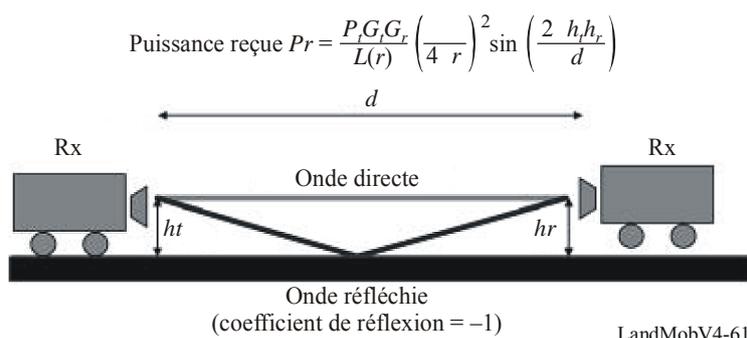
### 5.3.3 Caractéristiques de propagation des communications entre véhicules à ondes millimétriques

#### 5.3.3.1 Modèle de propagation à deux rayons dans le cas des ondes millimétriques

Comme dans le cas des DSRC, les caractéristiques de propagation des ondes millimétriques sont estimées grâce à un modèle de propagation à deux rayons où figurent l'onde directe et l'onde réfléchi par la surface de la route. La Figure 61 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'atténuation de l'absorption par les molécules d'oxygène est fixée à 16 dB/km par hypothèse.

FIGURE 61

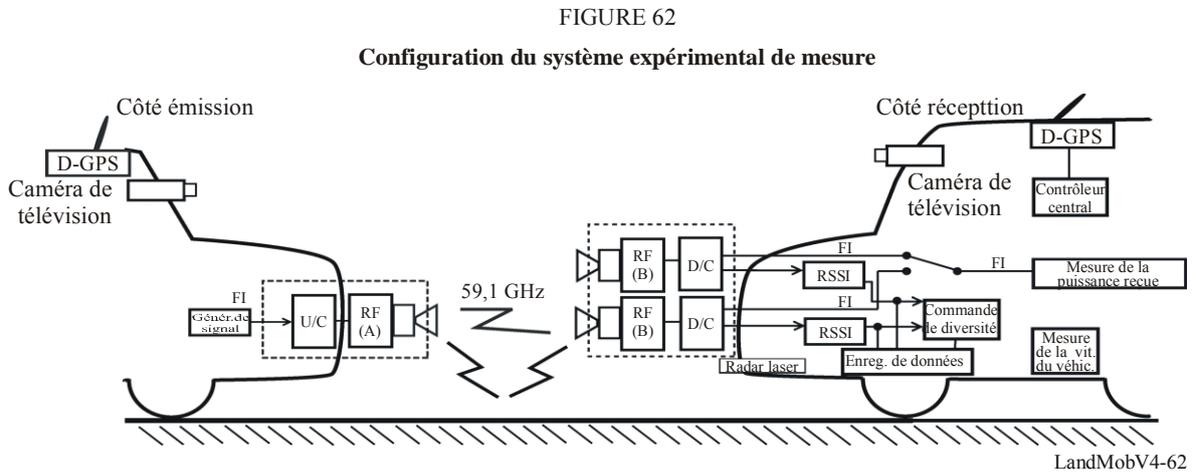
Modèle de propagation à deux rayons



### 5.3.3.2 Résultats des tests sur le terrain

#### 5.3.3.2.1 Equipement expérimental pour les communications entre véhicules

La Figure 62 illustre la configuration du système expérimental de mesure. La fréquence utilisée pour la mesure des caractéristiques de propagation est 59,1 GHz.



Du côté de l'émission, le générateur de signal génère la fréquence porteuse FI de 140 MHz. Le signal FI est ensuite converti vers les fréquences supérieures en un signal RF de 59,1 GHz. Du côté de la réception, deux unités RF sont installées à l'avant du véhicule. Après conversion des signaux RF reçus vers la fréquence FI, la puissance reçue est mesurée.

La piste de test est une route droite à deux files de presque 200 m de longueur. La voiture précédente est stationnée en bout de route et la voiture suivante s'en rapproche à la vitesse constante de 2,5 m/s.

Le Tableau 13 indique les spécifications du système de mesure expérimental. La puissance transmise est de  $-4$  dBm. Les antennes de transmission et de réception sont des antennes standard à cornet possédant un gain de 24 dBi, installées en hauteur respectivement à 46 cm (Tx.A), 85 cm (Rx.B) et 38 cm (Rx.C).

TABLEAU 13

#### Spécifications du système expérimental de mesure

Fréquence centrale	59,1 GHz
Puissance émise	$-4$ dBm
Gain de l'antenne	24 dBi
Polarisation	Verticale

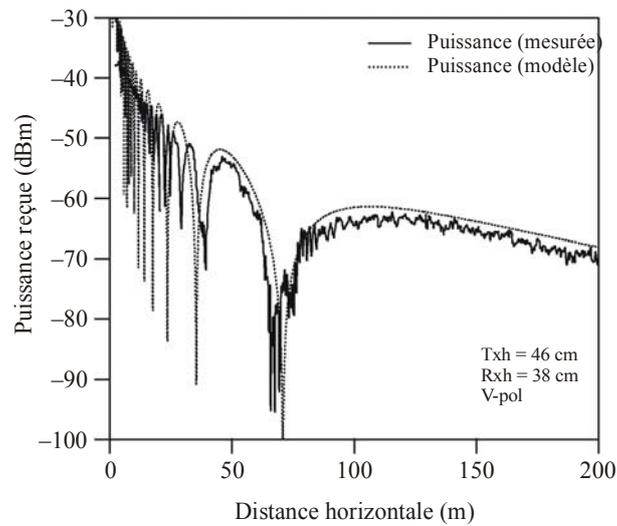
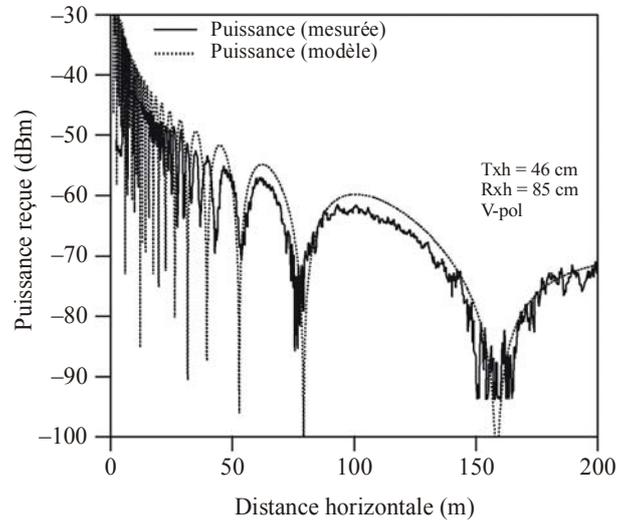
#### 5.3.3.2.2 Comparaison des résultats des tests sur le terrain avec les valeurs estimées

La Figure 63 présente les résultats de la mesure de la puissance reçue. L'axe horizontal représente la distance entre les véhicules. La puissance reçue estimée en utilisant le modèle de propagation à deux rayons est également représentée. Les résultats de la puissance mesurée sont analogues à ceux obtenus avec le modèle de propagation à deux rayons. La Figure 64 illustre le résultat des mesures dans le cas où on a recours à la diversité d'espace en hauteur: on voit que la puissance reçue est

alors moins dégradée. Ce résultat montre donc que la diversité d'espace en hauteur est efficace dans le cas des systèmes de communication entre véhicules à ondes millimétriques.

FIGURE 63

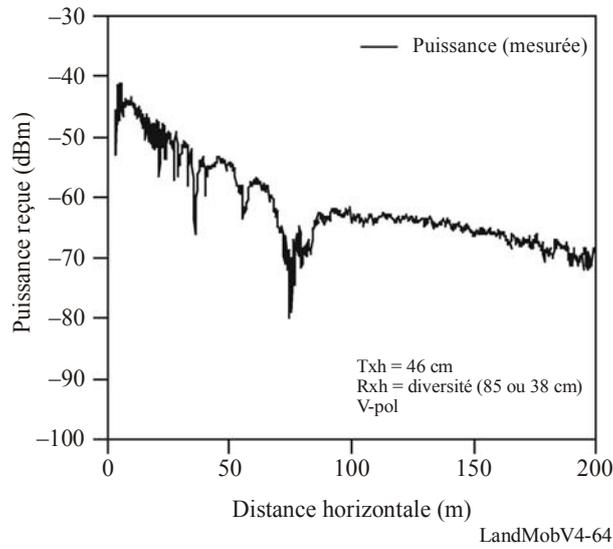
Résultat des mesures de la puissance reçue entre véhicules



LandMobV4-63

FIGURE 64

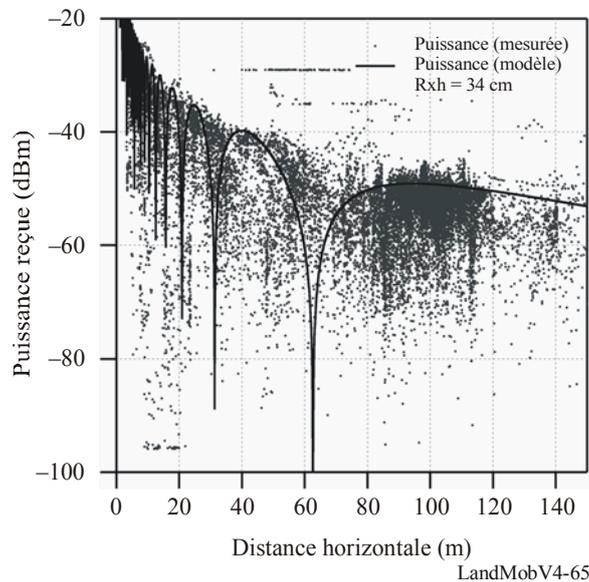
Résultat des mesures par diversité d'espace en hauteur



La Figure 65 illustre les résultats mesurés et les résultats calculés de la puissance reçue dans le cas d'un déplacement à vitesse élevée sur une voie rapide. Les caractéristiques de la puissance reçue diffèrent de ceux du modèle à deux rayons. Cette différence s'explique peut-être par la fluctuation du déplacement des véhicules.

FIGURE 65

Résultat mesuré et résultat calculé de la puissance reçue sur une voie rapide



### 5.3.4 Communications entre véhicules et radars

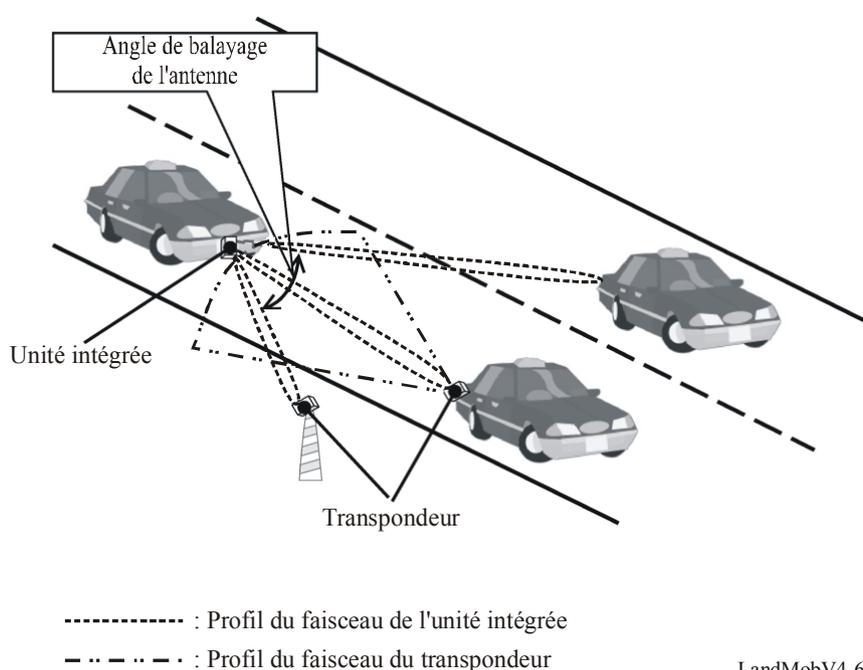
L'utilisation simultanée de la communication et du radar est un moyen très efficace d'assurer la sécurité et le confort du conducteur. Deux options sont envisageables: soit le véhicule est équipé d'un transpondeur et d'un radar distincts, soit il est équipé d'un radar possédant des fonctions de communication. A noter que l'intégration de la fonction communication dans le radar améliore considérablement la fonction radar de régulation adaptative de la vitesse.

### 5.3.4.1 Communication via le radar

Comme dans le cas des systèmes de radiocommunication ITS, on examine à la fois les systèmes d'émission à haute capacité (émission multimédia par exemple) et les systèmes d'émission à faible capacité (prise en charge du fonctionnement sans danger du véhicule par exemple). Le radar de prévention des collisions prend en charge le fonctionnement sans danger du véhicule. L'intégration de la fonction communication au radar permet *a priori* d'obtenir de meilleurs résultats, car le conducteur peut, dans cette configuration, recevoir des informations sur les véhicules qui le précèdent ainsi que des informations de sécurité émises par les panneaux de signalisation pararoutiers. La Figure 66 illustre le principe d'un système d'amélioration de la sécurité, composé de radars embarqués avec fonction de communication et de transpondeurs situés dans les véhicules ou sur les panneaux de signalisation.

FIGURE 66

Radar avec fonction de communication et transpondeurs: principe



Ce système intégré de radar avec fonction de communication et transpondeur est bien adapté, entre autres, aux situations suivantes:

- lorsqu'il n'y a pas de système de communication à proximité du véhicule (c'est-à-dire pas de transpondeur): le système est alors un simple radar de prévention des collisions;
- lorsqu'il y a un système de communication à proximité du véhicule (transpondeur): le radar peut alors communiquer avec le transpondeur distant, qui lui fournit des informations.

L'utilisation d'un équipement simple à transpondeur comme auxiliaire de communication est un bon moyen de concevoir des systèmes intégrés susceptibles d'être bien accueillis par la communauté ITS. On pourrait envisager par exemple de doter d'un tel équipement les radars uniquement utilisés pour la prévention des collisions. Des transpondeurs seraient en outre installés à l'arrière des véhicules ou sur les panneaux de signalisation situés sur le long de la route. Les premiers permettraient de transmettre au conducteur de la voiture l'intention du conducteur de la voiture précédente sous forme de données (accélération, freinage, virage, vitesse du véhicule, etc.). Les seconds pourraient transmettre au véhicule des informations sur le trafic ou l'état de la chaussée. Un tel système permettrait de mettre en place des applications de type marqueur radio. Il serait

également une bonne façon de promouvoir la conduite sans risque aux intersections. Un premier prototype de ce système, développé au Japon, est actuellement en phase de test.

Dans ce prototype, une fonction radar par ondes millimétriques et une fonction de communication s'exécutent en temps partagé. Le temps d'exécution de la fonction radar est de 1 ms, celui de la fonction communication de 4 ms. La fonction radar et la fonction communication s'exécutent toutes les 5 ms. Le faisceau d'antenne effectue un balayage mécanique de 30. La période de balayage est de 0,5 s. Le Tableau 14 fournit un exemple de spécifications des prototypes de radar et de transpondeur.

TABLEAU 14

**Exemple de spécifications du radar et du système de transpondeur**

	<b>Système de communication radar</b>	<b>Transpondeur</b>
<b>Fréquence</b>	60,5 GHz	60,5 GHz
<b>Puissance</b>	+5,0 dBm	+5,7 dBm
<b>Modulation</b>	2 MDF/MA	2 MDF/MA
<b>Détection</b>	Détection synchrone/MDF	Détection d'enveloppe/MDF
<b>Vitesse de transmission</b>	100 kbit/s	100 kbit/s
<b>Polarisation</b>	45°	45°
<b>Gain de l'antenne</b>	30 dBi	10 dBi
<b>Faisceau de l'antenne</b>	Az 3,5° El 3,5°	Az 60° El 60°

**5.3.4.2 Exemples d'application**

Quatre types d'application du système sont envisagés:

a) *Marqueurs radio sur les panneaux de signalisation de contrôle du trafic*

Des transpondeurs installés sur les panneaux de signalisation envoient des messages aux véhicules: limitations de vitesse, etc.

b) *Aide à la conduite sans risque aux entrées et sorties de route*

Des transpondeurs installés aux endroits où des routes convergent transmettent des données concernant les véhicules arrivant par des angles morts.

c) *Sécurité aux intersections*

Un transpondeur situé à une intersection présentant un angle mort reçoit un message d'un véhicule non visible qui s'approche et répète le message pour prévenir d'éventuels autres véhicules.

d) *Alerte de prévention des collisions par l'arrière*

Un transpondeur situé à l'arrière du véhicule qui précède envoie un message d'alerte au véhicule qui suit ou qui s'approche. En ajoutant une simple fonction de communication à un radar de prévention des collisions existant, on obtient un système d'architecture simple qui peut efficacement assister la fonction de conduite sans risque. Ce type de système de communication avec radar est représentatif de la prochaine génération de systèmes de transport intelligents.



## ANNEXE 1

### RESSOURCES

Les ITS, du point de vue des technologies, de la mise en place sur le terrain et de l'industrialisation commerciale, sont en évolution constante. Le présent Manuel risque donc d'être obsolète dans un proche avenir. A des fins d'actualisation, la présente section fournit une liste de sites Internet mondiaux consacrés aux ITS.

#### 1 Continent américain

- <http://www.itsa.org/>: ITS Amérique
- <http://www.itscanada.ca>: ITS Canada
- <http://www.stiargentina.org.ar>: ITS Argentine
- <http://www.itsb.org.br>: ITS Brésil
- <http://www.itschile.cl>: ITS Chili
- <http://www.itsperu.org>: ITS Pérou
- [www.itspan.org/](http://www.itspan.org/): PAITX

#### 2 Europe

- <http://www.nen.nl/cen278>: Comité technique 278 du CEN
- <http://www.ertico.com/>: ERTICO – ITS Europe
- [http://portal.etsi.org/Portal\\_Common/home.asp](http://portal.etsi.org/Portal_Common/home.asp): Groupe technique 37' de l'ETSI/ERM
- <http://www.iso-calm.de/Public/CALMIntro.html>: site Internet CALM
- <http://www.eScope.info>: initiative eSafety
- [http://europa.eu.int/comm/research/transport/tran\\_trends/systems\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/transport/tran_trends/systems_en.html): site de l'UE
- <http://www.sanewsletters.com/its/calendar.asp>: calendrier des manifestations ITS
- [http://www.ictsb.org/itssg\\_home.htm](http://www.ictsb.org/itssg_home.htm): Groupe directeur des systèmes de transport intelligents

#### 3 Japon

- [http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/eng/index.html](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/eng/index.html): Ministère de l'intérieur et des télécommunications
- <http://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei/its/index.htm>: Agence de police nationale
- <http://www.meti.go.jp/english/index.html>: Ministère de l'économie, du commerce et de l'industrie
- <http://www.mlit.go.jp/jidosha/enzen/chuu/index00.html>: Bureau des transports routiers, Ministère de l'infrastructure du territoire et des transports
- <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/index.html>: Bureau des systèmes routiers, Ministère de l'infrastructure du territoire et des transports
- [http://www.itsforum.gr.jp/E\\_index.html](http://www.itsforum.gr.jp/E_index.html): Forum info-communication ITS, Japon

- <http://www.internetits.org/en/top.html>: Consortium ITS Internet
- <http://www.nilim.go.jp/japanese/its/index.htm>: Institut national pour la gestion du territoire des infrastructures
- [http://www.jsae.or.jp/index\\_e.php](http://www.jsae.or.jp/index_e.php): Société japonaise des ingénieurs automobiles
- <http://www2.nict.go.jp/is/t822/108/index-e.html>: Centre de recherches ITS Yokosuka, Institut national des technologies de l'information et de la communication
- <http://www.utms.or.jp/english/index.html>: Société japonaise de gestion du trafic universel
- [http://www.ahsra.or.jp/index\\_e.html](http://www.ahsra.or.jp/index_e.html): Association de recherches sur les systèmes évolués d'assistance à la conduite sur autoroute
- <http://www.jeita.or.jp/english/>: Association japonaise des industries des technologies de l'électronique et de l'information
- <http://www.arib.or.jp/english/index.html>: Association des industries et des entreprises de systèmes radioélectriques
- <http://www.vics.or.jp/english/index.html>: Centre des systèmes d'information et de communication pour véhicules
- <http://www.orse.or.jp/english/>: Organisation de l'amélioration des systèmes routiers
- [http://www.hido.or.jp/ITSHP\\_e/](http://www.hido.or.jp/ITSHP_e/): Organisation de développement des industries autoroutières
- <http://www.jari.or.jp/en/>: Institut japonais de recherche automobile
- <http://www.jama.org/>: Association japonaise des constructeurs automobiles

#### **4 Corée**

- <http://www.moct.go.kr/>: Ministère de la construction et des transports
- <http://www.mic.go.kr/>: Ministère de l'information et de la communication
- <http://www.freeway.co.kr/>: Société des autoroutes coréennes
- <http://www.ktnews.net/>: Journal des transports coréens
- <http://www.koti.re.kr/>: Institut coréen des transports
- <http://www.itskorea.or.kr/>: ITS Corée
- <http://www.tta.or.kr/>: Association des technologies des télécommunications
- <http://www.spatic.go.kr/www/>: Centre de circulation de la police de Séoul
- <http://www.seoul.npa.go.kr/>: Centre de circulation des voies rapides métropolitaines de Séoul
- <http://www.rotis.com/>: ROTIS
- <http://www.ktf.com/>: KTF
- <http://www.sktelecom.com/>: SKTelecom
- <http://www.lgtelecom.com/>: LGTelecom

## ANNEXE 2

### VICS

La présente Annexe fournit des informations techniques et d'exploitation sur le service VICS (système de communication et d'information aux véhicules).

#### 1 Introduction

En avril 1996, le Japon a mis en service un système évolué d'information aux voyageurs appelé VICS (système de communication et d'information aux véhicules). Les unités VICS, installées sur les équipements de navigation des véhicules, se sont rapidement déployées pour atteindre un total de plus de 11,88 millions fin mars 2005. Cet engouement rapide pour le système VICS s'explique par le besoin croissant d'informations sur le trafic routier en temps réel et l'élargissement de la zone de couverture, sans oublier la baisse des prix due au nombre croissant d'équipements de navigation intégrant des récepteurs VICS.

#### 2 Présentation générale du système

VICS (système de communication et d'information aux véhicules) est un système de communication de données numériques qui fournit, sans délai, aux conducteurs les dernières informations de trafic routier via un équipement de navigation situé dans le véhicule. Des informations en temps réel telles que les zones d'encombrement et les temps de parcours sont transmises sous forme textuelle ou schématique. Pour diffuser les informations, VICS utilise deux types de média: d'une part, un système de radiodiffusion multiplexée FM de couverture étendue; d'autre part, une balise permettant aux conducteurs d'obtenir par intermittence des informations dans une zone limitée. On distingue deux types de balises: les balises par ondes radioélectriques et les balises infrarouges.

VICS fournit trois types d'information:

- affichage de cartes géographiques;
- affichage graphique simple;
- affichage de texte.

Les conducteurs peuvent accéder à chaque affichage 24 heures sur 24, selon le type de récepteur VICS installé dans leur véhicule, et ainsi recevoir une grande variété d'informations sur le trafic routier.

La Fig. 67 est une présentation générale du système VICS. Le système a quatre fonctions: collecte, préparation/traitement, diffusion et utilisation.

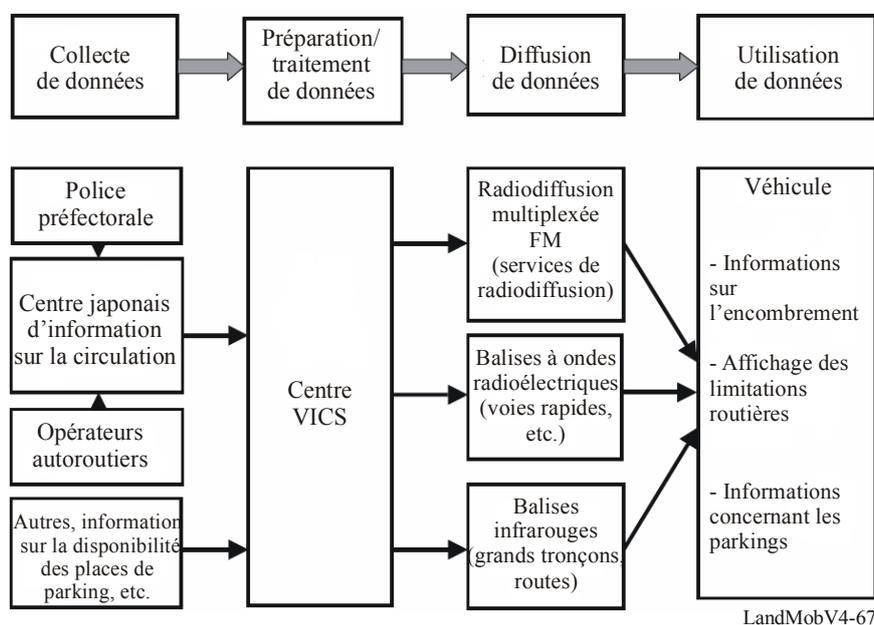
VICS fournit plusieurs types d'information, notamment l'«encombrement routier», les «temps de parcours», la «localisation des accidents et des chantiers», les «limitations de vitesse et réglementations d'utilisation des voies», la «localisation des parkings» et la «disponibilité des places de parking». VICS présente les avantages suivants:

- évitement des encombrements en cours de route;
- réduction des temps de parcours;

- réduction du stress lié à la conduite;
- aucun frais d'utilisation.

FIGURE 67

**Présentation du système VICS**



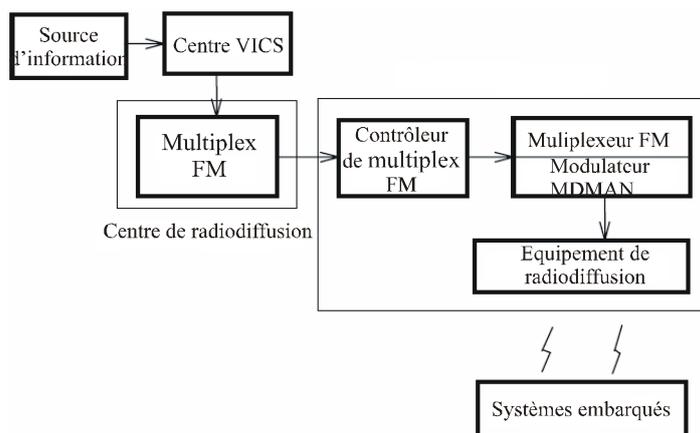
### 3 Médias de diffusion des informations

#### 3.1 Radiodiffusion multiplexée FM

Le service d'information VICS sous sa forme radiodiffusée s'appuie sur une radiodiffusion multiplexée FM utilisant les ondes de radiodiffusion existantes de façon efficace. Les informations routières sont diffusées par multiplexage sur les ondes radio des diffuseurs FM. Le service VICS bénéficie d'une large couverture, car la zone de réception des diffusions multiplexées FM est la même que celle de la radiodiffusion stéréo FM traditionnelle. La radiodiffusion multiplexée FM peut ainsi atteindre la zone préfectorale, les zones voisines ainsi que les zones frontalières régionales. Le service est multiplexé avec la radiodiffusion audio des stations FM de la NHK (Japan Broadcasting Corporation). Les informations sont envoyées dans la même bande de fréquences et transmises deux fois toutes les cinq minutes afin de garantir leur bonne réception, soit 50 000 caractères toutes les 2,5 minutes.

FIGURE 68

**Schéma fonctionnel du système de radiodiffusion multiplexée FM**



MDMAN: modulation par déplacement minimal avec asservissement de niveau

LandMobV4-68

TABLEAU 15

**Caractéristiques techniques de la radiodiffusion multiplexée FM**

Paramètre	Caractéristiques techniques
Fréquence radioélectrique	Multiplexage avec les radiodiffusions FM en bande VHF (76-90 MHz)
Fréquence de la sous-porteuse (en bande de base)	76 kHz
Méthode de modulation	Méthode MDMAN (modulation par déplacement minimal avec asservissement de niveau) <sup>(1)</sup>
Débit de données	16 kbit/s

<sup>(1)</sup> Recommandation UIT-R BS.1194-2 – Systèmes de multiplexage de signaux de radiodiffusion sonore à modulation de fréquence – Annexe 1 – Description des systèmes: Système A, Système de voie de radiodiffusion de données (DARC).

### 3.2 Balise à ondes radioélectriques

Les balises à ondes radioélectriques VICS utilisent une forme de radiocommunication DSRC unidirectionnelle fonctionnant à 2 499,7 MHz pour la diffusion d'informations évoluées aux voyageurs. Le service VICS couvre une zone de radiocommunication ponctuelle (environ 70 m de diamètre). Une balise à ondes radioélectriques installée sur un équipement pararoutier transmet aux véhicules passant à proximité des messages d'information (conditions de circulation, guidage, etc.). Chaque équipement pararoutier comprend deux antennes émettant un signal unidirectionnel dans la bande des 2,5 GHz en liaison descendante, tel qu'illustré à la Fig. 69. Le Tableau 16 fournit les caractéristiques techniques des balises.

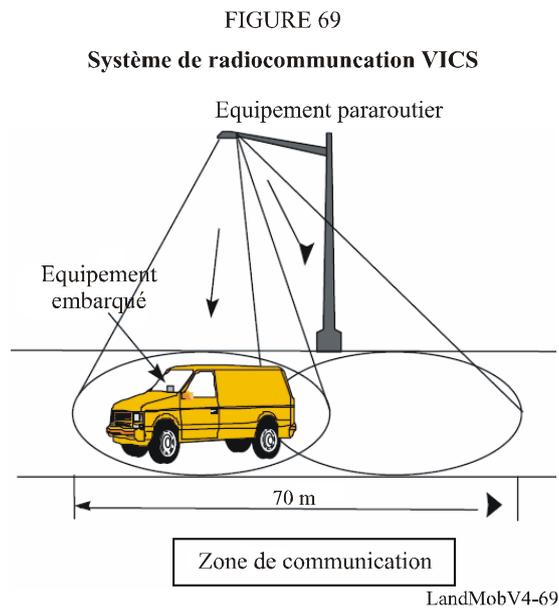
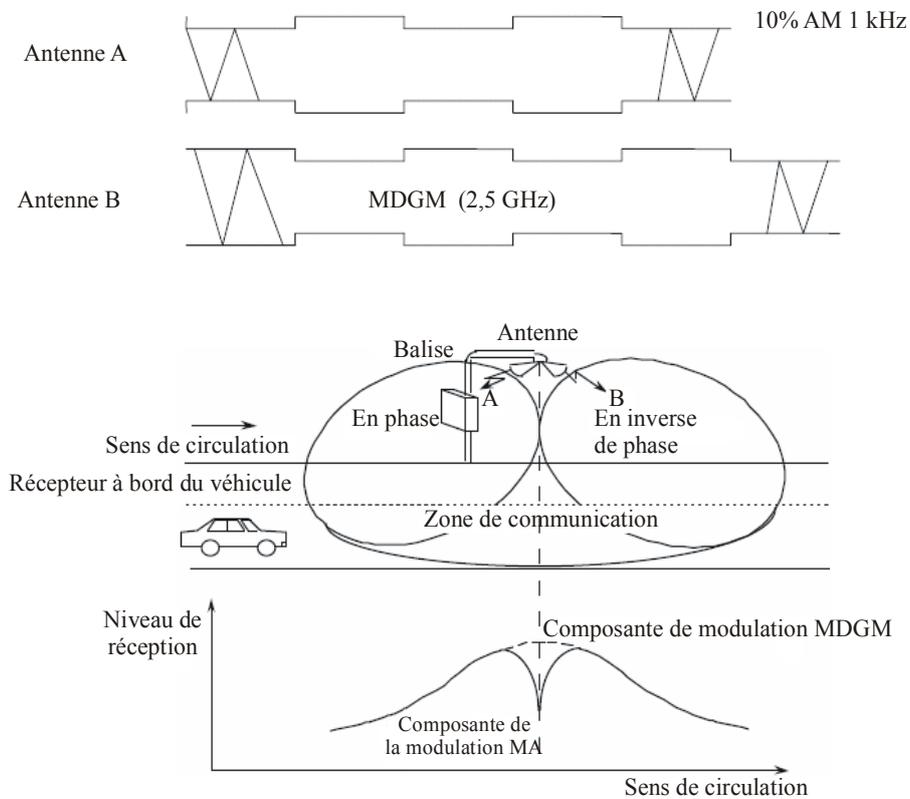


TABLEAU 16

**Caractéristiques techniques des balises à ondes radioélectriques**

Paramètre	Caractéristiques techniques
Fréquence radioélectrique	Bande des 2,5 GHz (2 499,7 MHz)
Largeur de bande spécifiée	Jusqu'à 85 kHz
Méthode de modulation	Double modulation MDGM ( $B_b \cdot T = 0,5$ ) et modulation d'amplitude (degré de modulation 10 %) <sup>(1)</sup>
Débit de données	64 kbit/s
Puissance en émission (puissance délivrée à chaque antenne)	10 MW
Gain des antennes	Inférieur ou égal à 8,5 dB

<sup>(1)</sup> On utilise une double modulation MDGM (modulation gaussienne à déphasage minimal) et modulation d'amplitude. L'utilisation de deux antennes avec des modulations d'amplitude différentes sur le signal MDGM, transmettant l'une dans le sens de la circulation et l'autre dans le sens inverse, permet de détecter correctement la position de la balise avec une précision de quelques mètres ainsi que le sens de la circulation.



LandMobV4-69bis



## ANNEXE 3

### SYSTÈME ITS UTILISANT DES BALISES RADIO

#### 1 Service de collecte d'informations sur le trafic en temps réel

Le système ROTIS permet de collecter des informations en temps réel concernant la vitesse des véhicules sur tout type de route via une technologie brevetée à balises et, après traitement numérique, de diffuser ces informations au public par téléphonie mobile, Internet, radio FM numérique, médias, etc. Particularité de ce système: il ne repose pas sur des technologies d'installation et d'exploitation coûteuses (télévision en circuit fermé, fibre optique, lignes de communication louées pour un prix élevé, lignes de communication mobiles du commerce).

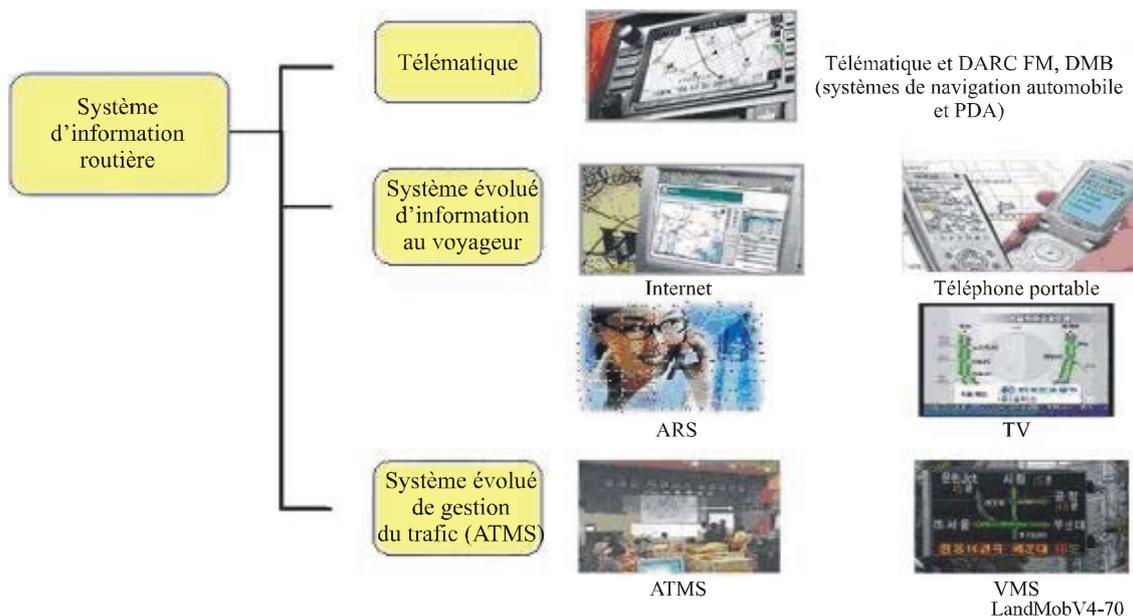
ROTIS construit son propre réseau de communication de données en combinant les signaux générés par de petites balises avec une ligne louée à bande étroite (le débit binaire est inférieur à 2,4 kbit/s par balise).

Le système offre plusieurs applications à valeur ajoutée, notamment:

- système automatique de repérage de véhicules;
- évaluation de l'environnement routier afin de concevoir de nouvelles routes, d'étendre le réseau routier existant ou d'élaborer des politiques concernant le trafic routier, et ce, en s'appuyant sur la base de données constituée des informations routières cumulées;
- service de prévision du trafic;
- système de navigation automobile: détermination du trajet le plus rapide pour atteindre une destination donnée;
- panneaux de signalisation routière affichant des informations en temps réel (PMV);
- système d'information des bus, etc.

FIGURE 70

Architecture système



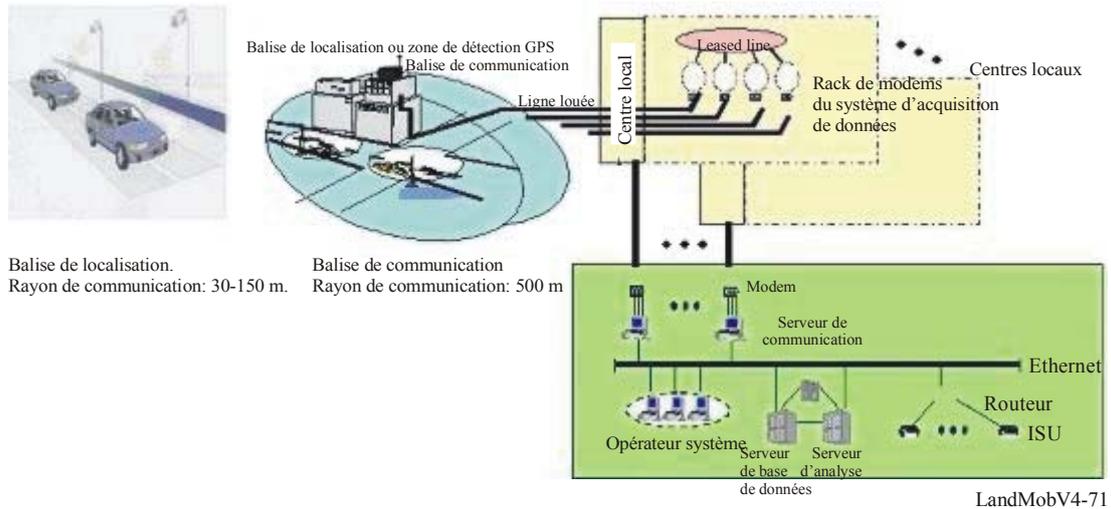
## 2 Système de collecte d'informations routières

Les balises de localisation RF, installées le long des routes, collectent et transmettent des données concernant la vitesse et la position des véhicules sur des tronçons de route; les centres régionaux et un centre principal d'information génèrent des informations routières à partir des données brutes transmises par les balises de localisation.

FIGURE 71

### Architecture d'un système de balises

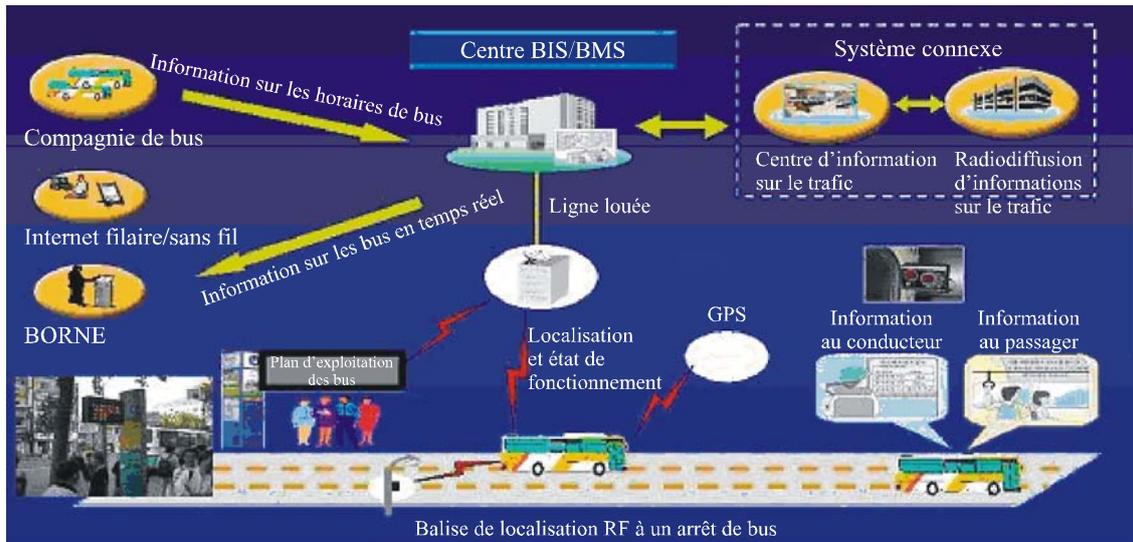
Principe du système à balises ROTIS



## 3 Système (de gestion) d'information des bus

Dans de nombreux pays, l'encombrement des zones urbaines est aujourd'hui un grave problème, qui s'explique par l'insuffisance du réseau routier, non adapté au nombre croissant de véhicules. On estime que les pertes financières annuelles dues à l'encombrement du réseau routier sont très importantes. Les administrations des transports font donc des efforts considérables pour améliorer la situation. La solution la plus économique et la plus efficace est l'amélioration des transports publics. Le système BIS fait figure, en la matière, de solution optimale.

FIGURE 72  
Architecture d'un système de gestion des bus (BMS)



LandMobV4-72

## 4 Spécifications

### a) Balise de localisation

- Dispositif de communication fournissant des informations de localisation
- Fonction
- Diffuse des informations de localisation
- Spécifications
  - Installation sur un lampadaire
  - Source d'énergie: lampadaire ou cellule solaire
  - 224,150 MHz (6 canaux)
  - MDM (MDFR) 4 800 bit/s
  - Rayon d'émission: 50 m (max.) en zone urbaine



### b) Module embarqué à bord des véhicules (CRF)

- Dispositif de communication sur véhicule équipé de capteurs
- Fonction
  - CPU 8 bit
  - Détection de localisation du véhicule par PB
  - Echanges en émission/réception avec la station RF
  - Mesure de la distance parcourue par le véhicule via le signal du capteur de vitesse (signal tachymètre)
  - Constitution de l'historique et transmission
  - Emission de l'information «position du véhicule»
  - Fonction d'appel et service d'information sur le trafic

- Spécifications
  - 224,025-224,150 MHz (canaux 1-6)
  - Méthode de communication hertzienne avec modulation MDR: 4 800 bit/s
  - Méthode semi-duplex
  - Source d'énergie: énergie électrique du véhicule
  - Antenne extérieure
  - Possibilité de connexion avec un dispositif externe par liaison RS232C (9 600 bit/s)



c) *Station RF*

- Station qui transmet les données CRF au centre d'information sur le trafic
- Fonction
  - Communications hertziennes bidirectionnelles
  - Collecte les paquets de données «historique» et «position du véhicule»
  - Service d'information sur la vitesse des véhicules
  - Récepteur installé au niveau du CRF

- Spécifications
  - Source d'énergie du service public
  - 224,0-224,125 MHz (canaux 0-5)
  - Puissance en sortie: <10 MW
  - MDM (MDFR) 4 800 bit/s
  - Méthode semi-duplex
  - Rayon d'émission: 500 m (max.)
  - Communication par modem sur ligne téléphonique (2 400 bit/s)



## ANNEXE 4

### CALM: UNE ARCHITECTURE RÉSEAU ITS DE DEMAIN

#### 1 Introduction

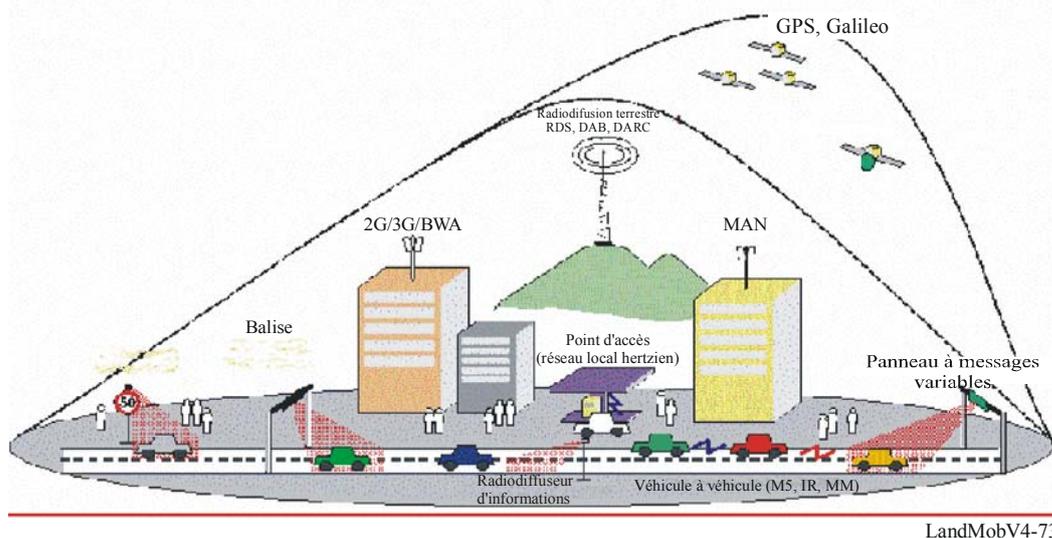
L'objectif de CALM (*communications air interface long and medium range*/interface d'air continue, longue et moyenne portée) est de prendre en charge un jeu normalisé de protocoles d'interface d'air et de paramètres pour les communications ITS à débit rapide et à longue et moyenne portée sur un ou plusieurs médias, chaque média mettant en œuvre des protocoles multipoints et de mise en réseau, des protocoles de couches supérieures permettant en outre le transfert entre les médias.

Il serait certes souhaitable de pouvoir, à l'échelle mondiale, prendre des décisions et élaborer des recommandations et des normes communes en vue de la mise en place et de l'exploitation des services ITS, mais la nature hétérogène des textes réglementaires et des réseaux hertziens complique la tâche des institutions qui cherchent à transporter des données ITS sur ces réseaux. Les paragraphes suivants présentent, en résumé, les défis à relever et les problèmes à résoudre:

- a) Proposer des systèmes permettant une communication (quasi) continue entre véhicules et entre infrastructure pararoutière et véhicules, dans un marché automobile mondial dominé par un nombre limité de grands constructeurs produisant des modèles de véhicules pensés à l'échelle mondiale et présentant des besoins d'adaptation aux réglementations nationales réduits au minimum.
- b) Proposer des systèmes dont la conformité aux normes est assurée pour 10 à 20 ans, sachant que les véhicules peuvent rester en exploitation pendant plus de 20 ans. D'où le besoin de systèmes opérationnels jusqu'en 2030 et au-delà.
- c) Les systèmes de télécommunication ont une durée de vie de plus en plus courte. Plusieurs évolutions possibles apparaissent aujourd'hui et il ne fait aucun doute que de nouvelles technologies, encore inconnues, verront le jour dans la période 2005-2040. Ainsi, d'ici 2040, les systèmes de communication sous leur forme actuelle, tels que ceux issus des technologies cellulaires 2G et 3G, auront-ils probablement disparu. Il faut cependant le reconnaître, certaines normes relatives aux systèmes cellulaires 3G évolués, fondés sur IP, sont volontairement élaborées dans l'optique d'une compatibilité ascendante; elles sont actuellement mises en place dans des services ITS (mobilité des réseaux cellulaires, connectivité du réseau téléphonique public commuté (RTPC), applications de type ad hoc, etc.). Les évolutions de ces normes (prise en charge des systèmes cellulaires post-3G) pourraient également être rétrocompatibles avec les systèmes cellulaires actuellement en place ou développés à court terme, créant ainsi des cycles de vie fonctionnels et évolutifs couvrant une vingtaine d'années ou plus.
- d) Les systèmes hertziens susceptibles d'accueillir les applications ITS diffèrent selon les pays.
- e) Les caractéristiques d'un média varient selon ses propriétés. Certains médias sont plus ou moins bien adaptés à certaines applications.
- f) Les véhicules traversent fréquemment les frontières et circulent dans des pays autres que leur pays d'origine. Cette remarque, qui concerne avant tout les véhicules utilitaires, s'applique en réalité à tous les véhicules européens.

- g) De nombreux constructeurs automobiles, refusant la complexité – et donc les risques – que présentent des systèmes de communication non coordonnés offrant des services hétérogènes, souhaitent peut-être équiper leurs produits d'une solution ITS universelle. Pour répondre à leurs besoins et satisfaire aux conditions de mise en œuvre à l'échelon régional et sur l'ensemble du marché, on pourrait concevoir des interfaces normalisées et assurer la compatibilité et l'interopérabilité des systèmes, tout en profitant des progrès accomplis dans le domaine des composants électroniques multi-usages.
- h) Les normes concernant les ITS suivent les évolutions technologiques. Le rôle des instituts de normalisation n'étant pas de définir le marché mais d'en faciliter le développement, il est nécessaire, à mesure que les technologies évoluent, d'adapter et d'enrichir les systèmes et les normes ITS.

FIGURE 73  
CALM, dans un environnement multimédia  
(exemple de configuration média)



## 2 Principe du système CALM

Fondamentalement, CALM, ainsi que de son architecture et les normes associées, repose sur le principe de l'utilisation «optimale» des ressources disponibles. On entend par «ressources» les divers médias de communication et par «optimal» la capacité à atteindre les objectifs au plus bas coût. La réussite de CALM repose sur trois caractéristiques essentielles: flexibilité, adaptabilité et extensibilité.

CALM vise à offrir une solution en couches permettant d'établir des communications continues ou quasi continues entre des véhicules et l'infrastructure pararoutière ou entre plusieurs véhicules, et ce, par le biais des (multiples) moyens de communication hertziens disponibles à un endroit donné, tout en offrant la possibilité de migrer vers un média différent si nécessaire. Le choix du média s'effectue en fonction de paramètres définis par l'utilisateur.

## 3 Types de services CALM

Les services susceptibles d'utiliser CALM se divisent en deux catégories: services de sécurité et services commerciaux. A noter que certains services de sécurité présentent un intérêt commercial (options proposées sur certains véhicules haut de gamme par exemple). La liste figurant au § 2.2

(voir Tableau 1) fournit une sélection de services déjà identifiés comme des candidats potentiels à la technologie CALM. Cette liste continue de s'enrichir à mesure de l'évolution des ITS. Elle n'est donc pas exhaustive, mais donne une bonne indication des types de service susceptibles d'utiliser cette technologie.

#### 4 Avantages de CALM

CALM couvre et combine de multiples médias de communication, y compris la radiodiffusion, de façon ouverte grâce à l'intégration d'une simple couche de convergence IPv6/gestion, conformément aux normes internationales:

- ouverture: normes accessibles à tous; ouverture en termes de médias de communication;
- stabilité: il existe un organe formel responsable;
- visibilité et crédibilité des spécifications;
- ouverture: possibilité d'intervenir sur les prochaines phases de normalisation;
- extensibilité.

CALM repose sur IPv6 (Internet Protocol version 6), ce qui signifie qu'il est totalement compatible avec les services Internet, sans pour autant souffrir des limitations d'adressage inhérents aux protocoles IPv4 actuels (l'IETF propose des solutions permettant à IPv4 de fonctionner sur IPv6).

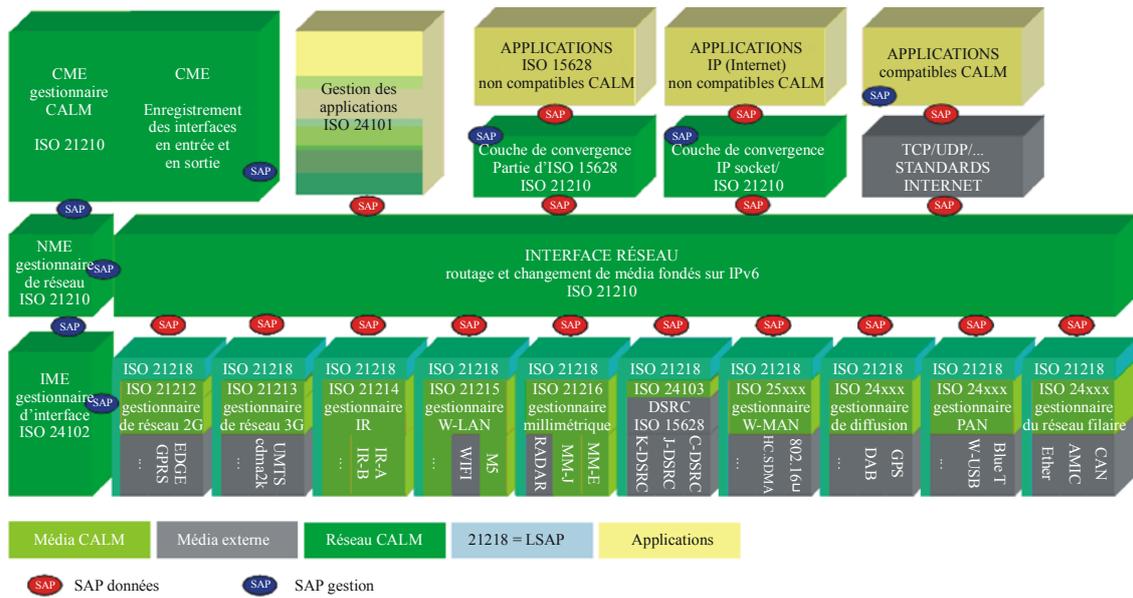
#### 5 Architecture CALM

L'objectif de CALM est de fournir un jeu normalisé de protocoles d'interface d'air et de paramètres pour les communications ITS à débit rapide et à longue et moyenne portée sur un ou plusieurs médias, chaque média mettant en œuvre des protocoles multipoints et de mise en réseau, des protocoles de couches supérieures permettant en outre le transfert entre les médias.

L'architecture CALM prend en charge les modes de communication suivants:

- *Véhicule-infrastructure pararoutière*: Les paramètres de communication multipoint sont négociés automatiquement et la communication qui s'ensuit est à l'initiative soit de l'infrastructure pararoutière soit du véhicule.
- *Infrastructure pararoutière-infrastructure pararoutière*: Le système de communication permet également de relier des points fixes lorsqu'un câblage traditionnel n'est pas souhaitable.
- *Véhicule-véhicule*: Réseau d'homologue à homologue à faible latence capable de transporter des données de sécurité (prévention des collisions par exemple) et de fournir des services entre véhicules, notamment l'établissement de réseaux ad hoc pour relier plusieurs véhicules entre eux.

FIGURE 74  
Architecture système CALM ISO 21217



\* A la date de publication du présent Manuel, cette architecture était à l'état de projet (projet de comité).

LandMobV4-74

Pour de plus amples informations sur le contenu et le statut des normes et des interfaces CALM figurant dans l'architecture, on pourra se référer aux activités de l'ISO/TC204, du CEN TC 278 et de l'ETSI ERM TG 37.

## ANNEXE 5

### SIGLES ET ACRONYMES

3GPP	Projet de partenariat de troisième génération
3GPP2	Projet de partenariat de troisième génération – projet N° 2
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> )
AMRC	Accès multiple par répartition en code
AMRC-LB	Accès multiple par répartition en code large bande
AMROF	Accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence
AoA	Angle d'arrivée ( <i>angle of arrival</i> )
ARIB	Association des industries et de l'économie des radiotélécommunications ( <i>association of radio industries and businesses</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> )
BCMCS	Service de diffusion-multidiffusion
BIS	Systèmes d'information des bus ( <i>bus information systems</i> )
BMS	Système de gestion des bus ( <i>bus management system</i> )
BREW	Environnement d'exécution binaire pour dispositif hertzien ( <i>binary runtime environment for wireless</i> )
CCTV	Télévision en circuit fermé ( <i>closed circuit television</i> )
CEN	Comité européen de normalisation
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
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> )
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> )
DSL	Ligne d'abonné numérique ( <i>digital subscriber loop</i> )
DSRC	Communications spécialisées à courte distance ( <i>dedicated short range communications</i> )
DSU	Directive «Service universel»
DTTB	Télédiffusion numérique terrestre ( <i>digital terrestrial television broadcasting</i> )
DVB-H	Radiodiffusion vidéo numérique sur dispositif portable ( <i>digital video broadcasting for handheld devices technology</i> )
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> )
FA	Agent étranger ( <i>foreign agent</i> )
FCC	Federal Communications Commission
FFT	Transformée de Fourier rapide ( <i>fast Fourier transform</i> )
FLO	Liaison aval uniquement ( <i>forward link only technology</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	Interagency Group
ID	IDentifiant
IEEE	Institut des ingénieurs en électricité et en électronique ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IETF	Groupe de travail d'ingénierie de l'Internet ( <i>Internet Engineering Task Force</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
ITI	Infrastructure des transports intelligents ( <i>intelligent transportation infrastructure</i> )
ITS	Systèmes de transport intelligents ( <i>intelligent transport system</i> )
KICT	Institut coréen des technologies de construction ( <i>Korea Institute of Construction Technology</i> )
KOTI	Institut coréen des transports ( <i>Korea Transport Institute</i> )
KRIHS	Institut coréen de recherche de l'habitat humain ( <i>Korea Research Institute of Human Settlements</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> )
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-4D	Modulation par déplacement de phase quadrivalente à codage différentiel
MDP-4	Modulation par déplacement de phase quadrivalente
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> )
NEMO	NEtwork MObility
NMS	Systèmes de contrôle du réseau ( <i>network monitoring system</i> )
OBD	Diagnostics de bord ( <i>on-board diagnostics</i> )
OBE	Équipement de bord ( <i>on-board equipment</i> )
OBU	Unité embarquée ( <i>on-board unit</i> )
OCC	Centre d'appels OnStar ( <i>OnStar call center</i> )
ORM	Opérateur de réseau mobile
OSI	Open System Interconnection

OTDoA	Différence observée des temps d'arrivée ( <i>observed time difference of arrival</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> )
PSAP	Centre téléphonique de sécurité publique ( <i>public safety answering point</i> )
PTIS	Système d'information des transports publics ( <i>public transportation information system</i> )
RADAR	Détection électromagnétique ( <i>radio detecting and ranging</i> )
RADIUS	Service d'usager commuté à authentification distante
RCA	Routeur de contrôle d'accès
RD-LAP	Protocole radioélectrique d'accès de liaison de données ( <i>radio data-link access protocol</i> )
RF	Radiofréquence
RSE	Équipement pararoutier ( <i>road side equipment</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> )
SAP	Point d'accès au service ( <i>service access point</i> )
SAP	Station abonné portable
SAR	Station d'accès radio
SARA	Attribution des fréquences pour les radars automobiles à courte portée ( <i>short-range automotive radar frequency allocation</i> )
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> )
T-DMB	Radiodiffusion multimédia numérique terrestre ( <i>terrestrial digital multimedia broadcasting</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> )

TRS	Système de radiocommunication interurbain ( <i>trunked radio system</i> )
TTA	Telecommunication Technology Association
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> )
UWB	Bande ultralarge ( <i>ultra wide band</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> )
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> )

---







\* 3 0 3 5 1 \*

Imprimé en Suisse  
Genève, 2009  
ISBN 92-61-11872-0