



HAL
open science

La route intelligente : les communications dédiées à courte distance

Claude Chanet, Sylvie Chambon, Gilbert Batac

► **To cite this version:**

Claude Chanet, Sylvie Chambon, Gilbert Batac. La route intelligente : les communications dédiées à courte distance. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 1998, 54 p., figures, 18 références bibliographiques. hal-02165543

HAL Id: hal-02165543

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02165543>

Submitted on 26 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

rapport d'étude

La route intelligente

**Les communications
dédiées à courte distance**

**DSRC : Dedicated Short Range
Communication**

juillet 1998

Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques

NOTICE ANALYTIQUE

Organisme commanditaire :			
CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques 9, rue Juliette Récamier 69456 Lyon Cedex 06 - Tél. : 04 72 74 58 00 - Fax : 04 72 74 59 00			
Titre :			
La route intelligente			
Sous-titre :			Langue : Français
Les communications dédiées à courte distance DSRC : [Dedicaded Short Range Communication]			
Organisme auteur	Rédacteur :	Date d'achèvement	
CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques	Claude CHANET (Département Technologies - groupe Télecystèmes - CERTU) Coordonateurs : Sylvie CHAMBON (Département Technologies - Chef du groupe Télecystèmes - CERTU) Gilbert BATAC (Chargé du projet route intelligente - SETRA)	Juillet 1998	
Remarques préliminaires :			
<p>Ce rapport a été réalisé dans le cadre du projet « route intelligente » du SETRA, piloté par Gilbert Batac.</p> <p>Il présente la technologie des communications dédiées à courte distance (DSRC) susceptible de répondre aux besoins engendrés par le concept de la route intelligente en supportant de nouvelles applications ou services aux usagers.</p> <p>Ce document est destiné à tous les acteurs concernés par le déploiement du concept de la route intelligente, et qui s'intéressent aux moyens techniques de sa mise en œuvre.</p>			
Résumé :			
<p>Parmi les technologies utilisables pour la liaison sol-véhicule, les communications dédiées à courte distance se positionnent comme un média susceptible d'offrir un potentiel intéressant.</p> <p>Cependant, les capacités réelles des DSRC à supporter d'autres applications que le télépéage pour lequel elles sont particulièrement bien adaptées, sont encore confuses. Pourtant, les DSRC sont fréquemment associées au concept route intelligente qui impose une multitude d'applications juxtaposées utilisant le même lien de communication.</p> <p>Ce document présente un examen de la norme DSRC, ainsi qu'une analyse des applications et des expérimentations actuellement en service.</p> <p>Dans un second temps, un panorama des applications envisageables sur un lien DSRC est établi. Ce travail est une aide à la sélection de la ou des technologies les plus performantes, afin de déterminer celles qui pourront supporter un déploiement opérationnel.</p>			
Mots clés :		Diffusion :	
DSRC, transmission, appels d'urgence, alerte, information à l'utilisateur, guidage, localisation.		DSCR, DRAST, SETRA, CERTU, INRETS, LCPC, CETE	
Nombre de pages :	Prix :	Confidentialité :	Bibliographie :
54 pages	40 FF	Non	Voir document

Sommaire

1. PRÉSENTATION	4
1.1 CADRAGE DE LA DÉMARCHE	4
1.2 BUT DE L'ÉTUDE	4
1.3 ORGANISATION DU DOCUMENT	4
1.4 DÉFINITIONS	5
2. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	6
2.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX	6
2.2 COUCHE PHYSIQUE	8
2.3 COUCHE LIAISON DE DONNÉES	10
2.3.1 <i>Détail du champ Flag (entête)</i>	10
2.3.2 <i>Détail du champ Link adress</i>	10
2.3.3 <i>Détail du champ Frame check sequence (FCS)</i>	10
2.3.4 <i>Détail du champ MAC</i>	11
2.3.5 <i>Structure du champ LPDU</i>	11
2.3.6 <i>Schéma de la structure générale d'un trame DSRC</i>	13
2.4 LA COUCHE APPLICATION	13
2.5 LES PROFILS	14
2.6 MESSAGES D'INFORMATION DIFFUSÉS AUX VOYAGEURS PAR COMMUNICATIONS DÉDIÉES À COURTE DISTANCE	15
3. APPLICATIONS ACTUELLEMENT SUPPORTÉES PAR LES DSRC	16
3.1 TÉLÉPÉAGE	16
3.1.1 <i>Généralités</i>	16
3.1.2 <i>Présentation d'un système de télépéage utilisant les DSRC ; cas de SAPRR</i>	16
3.2 TIS PHASE 2 (TÉLÉPÉAGE INTER-SOCIÉTÉS)	20
3.2.1 <i>Codification CIP (Commission Inter-autoroutes à Péage)</i>	20
3.2.2 <i>Organisation du système</i>	21
3.2.3 <i>Type de données</i>	22
3.2.4 <i>Usage de la normalisation</i>	23
3.2.5 <i>Évolutivité du système</i>	24
3.2.6 <i>Coût de l'application</i>	24
3.3 PROJET VASCO	25
3.3.1 <i>Présentation du programme VASCO</i>	25
3.3.2 <i>Les différents sites d'expérimentation</i>	25
3.3.3 <i>Conclusion sur VASCO</i>	26
3.4 AIDA (APPLICATION POUR L'INFORMATION DES AUTOROUTES)	26
3.4.1 <i>Présentation des services AIDA</i>	26
3.4.2 <i>Localisation et implantation de l'expérimentation</i>	28
3.4.3 <i>Architecture du système</i>	28
3.4.4 <i>Les différents terminaux AIDA</i>	29
3.4.5 <i>Type de données échangées</i>	30
3.4.6 <i>Usage de la normalisation</i>	31
3.4.7 <i>Évolutivité du système</i>	31
3.4.8 <i>Coût de l'application</i>	31
3.5 TRAVIATA (TRANSMISSION D'ALARMES ENTRE VÉHICULES AUTOMOBILES PAR TECHNOLOGIES TÉLÉPÉAGE)	32
3.5.1 <i>Organisation du système</i>	32
3.5.2 <i>Type de données échangées</i>	34
3.5.3 <i>Les problèmes à résoudre</i>	34
3.5.4 <i>Usage de la normalisation</i>	35
3.5.5 <i>Évolutivité du système</i>	35
3.5.6 <i>Coût de l'application</i>	35

4. L'USAGE DES DSCR DANS LE DOMAINE DE LA ROUTE INTELLIGENTE	37
4.1 LES DSRC DANS LE MONDE	37
4.2 SYNTHÈSE SUR LES POSSIBILITÉS DES DSRC APRÈS EXAMEN DE LA NORMALISATION EUROPÉENNE	38
4.2.1 <i>Les principales caractéristiques des DSRC</i>	38
4.2.2 <i>Les applications envisageables</i>	41
4.2.3 <i>Les conséquences sur l'infrastructure</i>	43
4.3 LES COÛTS	44
4.4 LES PRINCIPAUX INDUSTRIELS DU DOMAINE	45
5. CONCLUSION / RÉCAPITULATIF	46
6. GLOSSAIRE	48
7. BIBLIOGRAPHIE	49
8. ANNEXES.....	50

1. Présentation

1.1 Cadrage de la démarche

La route intelligente sera l'enjeu de la prochaine décennie. Cette notion comprend de nombreux domaines : optimisation des infrastructures existantes, gestion de la demande, information des usagers, gestion et optimisation du trafic urbain et interurbain, gestion des transports publics, gestion de flotte, multimodalité, aide à la conduite et autoroute automatique...

Ce programme est certes ambitieux mais sera ponctué par la création de multiples services, dont certains restent encore à définir avant de déboucher sur un concept global de route intelligente voire automatique sur certains réseaux routiers.

Ces services devront correspondre à une demande de plus en plus forte de la population en terme de sécurité des biens et des personnes, mais aussi en une optimisation du confort à travers une information personnalisée répondant aux besoins des conducteurs.

Ce document traitera d'un moyen de transmettre des informations entre l'infrastructure et les mobiles. La technologie retenue est les communications dédiées à courte distance utilisant un lien hyperfréquence.

Dans la suite du document, nous utiliserons l'acronyme DSRC (Dedicated Short Range Communication) pour désigner les communications dédiées à courte distance.

1.2 But de l'étude

Cette étude sur les DSRC s'inscrit dans le cadre plus général des techniques support pour la route intelligente. Ce document doit :

- Apporter des informations techniques sur les supports de la route intelligente, en particulier sur les liaisons sol-véhicule.
- Effectuer une revue des différentes technologies exploitables dans le cadre de la route intelligente.
- Apporter un éclairage particulier à une technologie et examiner toutes les possibilités qu'elle offre. Compte tenu des préoccupations du SETRA pour l'application télépéage, les communications dédiées à courte distance font l'objet de cette étude particulière rapportée dans le présent document.

Note : La plupart des autres moyens de communication sol-véhicules sont traités dans l'étude concernant la gestion des incidents [réf. : *Télématique et sécurité routière ; Les dispositifs d'appels et d'alerte* - CERTU]

1.3 Organisation du document

Méthode

- Analyse bibliographique (en particulier les documents normatifs) pour extraire des éléments techniques.
- Recherche auprès des acteurs, afin de recenser les usages opérationnels, mais aussi expérimentaux, de cette technologie.

Contenu

- Le rapport intègre des informations de synthèse sur la technologie retenue. Ces informations sont constituées par un descriptif des technologies DSRC, et par une énumération des applications envisageables (chapitre 2).
- Un panorama des usages (applications opérationnelles ou expérimentales) est réalisé. Cette partie permet d'établir un descriptif organisationnel des applications identifiées avec une analyse des conséquences sur l'infrastructure et une analyse des coûts (des systèmes fixes et des systèmes embarqués) ; (chapitre 3).
- Des éléments de synthèse sur l'usage des DSRC pour les services de la route intelligente ont ensuite présentés (chapitre 4).

Note : Tous les acronymes utilisés dans ce document sont explicités dans le chapitre 6 -*Glossaire*.

1.4 Définitions

Pour la compréhension de ce document, il convient de définir la terminologie utilisée :

- **Équipement fixe** : matériel de transmission installé sur l'infrastructure routière (également appelé balise).
- **Équipement embarqué** : matériel de transmission installé dans les véhicules (également appelé badge).
- **Sens montant** : canal de communication de l'équipement embarqué vers l'équipement fixe.
- **Sens descendant** : canal de communication de l'équipement fixe vers l'équipement embarqué.
- **Fenêtre** : créneau temporel dans lequel un élément peut émettre ses données.
- **Fenêtre montante** : créneau temporel alloué à un équipement embarqué pour transmettre des données vers l'infrastructure.
- **Fenêtre descendante** : créneau temporel alloué à un équipement fixe pour transmettre des données vers un ou plusieurs équipements embarqués.
- **Fenêtre publique** : créneau temporel disponible pour n'importe quel équipement embarqué.
- **Fenêtre privée** : créneau temporel alloué à un équipement embarqué déterminé.
- **Lien public** : transmission destinée à tous les équipements embarqués.
- **Lien privé** : transmission destinée à un équipement embarqué déterminé.
- **Link adress** : adresse de connexion entre un équipement fixe et un équipement embarqué.
- **Broadcast** : adresse de connexion permettant de faire une diffusion vers l'ensemble des équipements embarqués présents dans la zone de communication.
- **Multicast** : adresse de connexion permettant de faire du multi-adressage vers certains équipements embarqués présents dans la zone de communication.
- **Private** : adresse de connexion permettant de réaliser une liaison point à point (adresse privée) entre un équipement embarqué et l'infrastructure.
- **Profil** : ensemble de paramètres ou de variables dont la valeur est définie en temps réel suivant le type d'application.
- **Beacon Service Table** : table de service située au niveau de la balise et diffusée à intervalle régulier. Cette table contient les informations sur les profils de communication utilisés et sur les applications supportées par l'équipement fixe.

2. Analyse bibliographique

Les DSRC sont bâties sur une technologie dont la normalisation expérimentale est très récente, et qui ne bénéficie pas d'une littérature étoffée. Le sujet reste par conséquent réservé à une population de spécialistes issus du milieu industriel, et parfois, du milieu autoroutier.

La bibliographie que l'on peut trouver, se réduit à des articles orientés vers le grand public, et qui n'apportent pas réellement de précision, que ce soit sur la technologie elle-même, ou sur le potentiel des DSRC.

L'analyse bibliographique se réduit donc à l'examen des normes et à lecture de la presse spécialisée afin d'identifier les applications fonctionnant avec la technologie DSRC. Les informations recueillies dans la presse seront exploitées dans le paragraphe 3- *Applications actuellement supportées par les DSRC*.

Les DSRC fournissent à une liaison capable de transmettre des informations entre une infrastructure fixe et des mobiles.

Deux types de média sont définis par la norme, il s'agit des technologies infrarouge et hyperfréquence. Toutes les applications ou expérimentations recensées utilisent la technologie hyperfréquence, aujourd'hui privilégiée par rapport aux infrarouges.

Les points suivants présentent les principales caractéristiques des DSRC, dont on s'efforcera de déduire les possibilités pour des applications dans le domaine de la route intelligente.

2.1 Principes généraux

Les DSRC ne représentent que la partie « air » de la communication, c'est à dire la transmission radio. Les DSRC sont mises en œuvre entre des équipements fixes jalonnant l'infrastructure routière (généralement installés sur des portiques) et des équipements embarqués à bord des véhicules. Les équipements fixes sont reliés par un réseau filaire à un poste de commande qui centralise des données et assure le fonctionnement de l'application.

La zone de communication entre les mobiles et l'infrastructure se réduit à une zone (également appelée tache) de quelques mètres de long (typiquement cette zone est comprise entre 4 et 8 m), ce qui, étant donné la vitesse des véhicules, implique des durées de communication courtes de l'ordre de 100 ms.

Les DSRC reposent sur l'architecture en couches du modèle OSI, définie par l'ISO.

Architecture du modèle OSI :

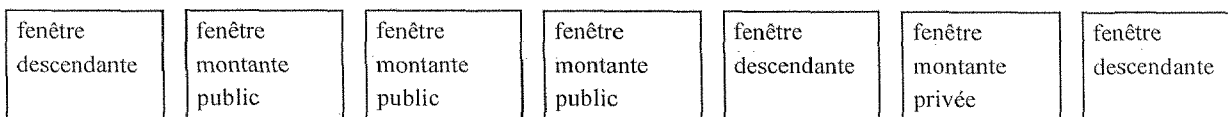
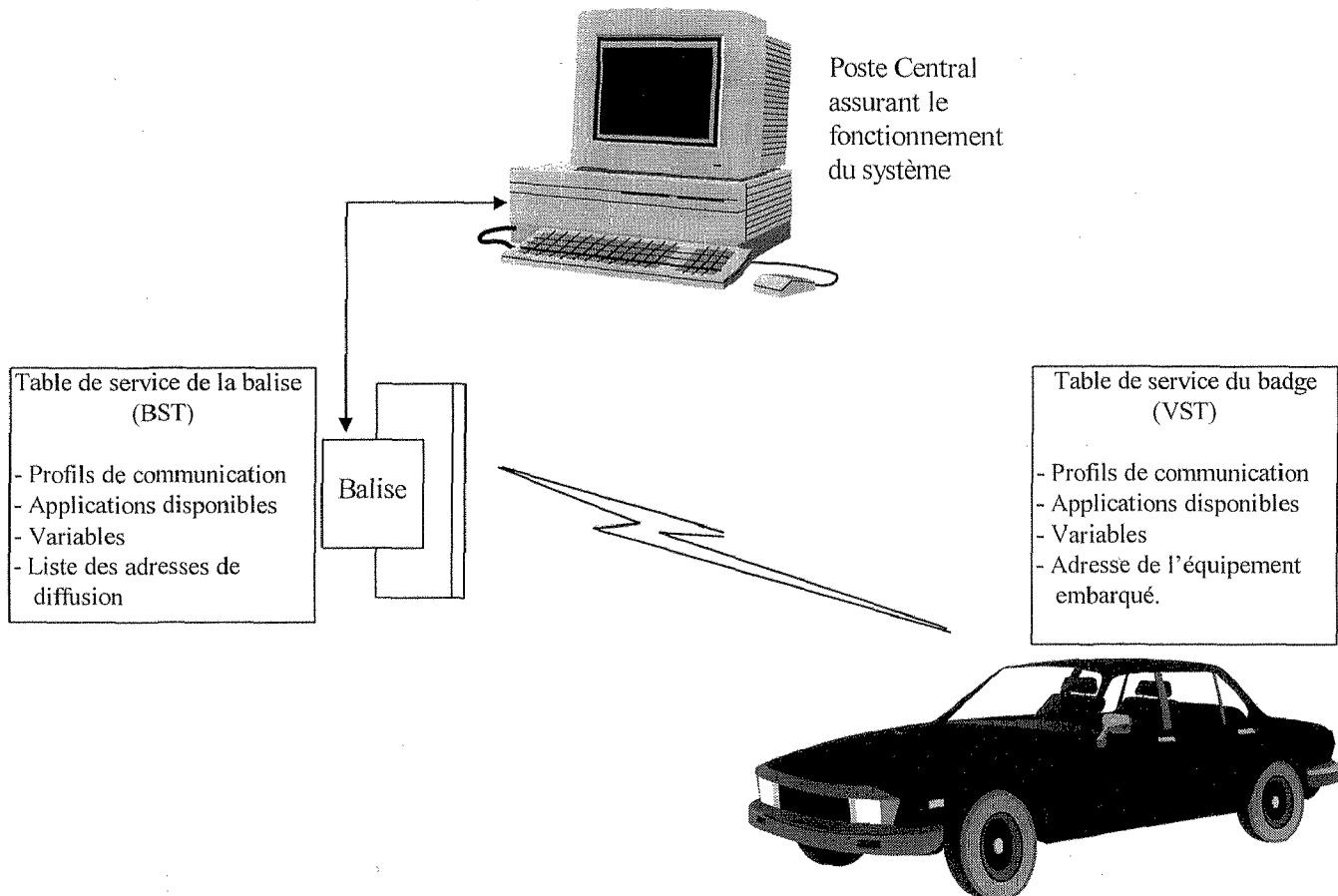
Couche n°	Désignation	Définition
7	Application	Prépare l'interface entre deux applications informatiques
6	Présentation	Définit la syntaxe des informations à transmettre
5	Session	Définit l'organisation des échanges et la structure du dialogue
4	Transport	Met en œuvre les règles de communication
3	Réseau	Permet l'acheminement des données à travers un réseau
2	Liaison de données	Permet le transfert de données sans erreur
1	Physique	Caractéristiques mécaniques, électriques et fonctionnelles de la liaison

Les DSRC utilisent trois couches OSI : la couche physique, la couche liaison et la couche application, car ce lien ne nécessite pas l'ensemble des fonctions décrites dans le modèle OSI, comme par exemple le routage.

Les DSRC permettent une communication bi-directionnelle entre un équipement fixe et un équipement embarqué. Cette communication repose sur une liaison semi-duplex, c'est à dire que les deux sources (fixe et embarquée) émettent à tour de rôle.

Cette communication en alternance est basée sur l'adoption de créneaux temporels dits fenêtres de communication, dédiés aux différents éléments (balise et badges).

Schéma de la transmission sol-véhicule.



Matériel émetteur :



La transmission est constituée par un ensemble de trames émises lorsqu'une fenêtre (créneau temporel) est disponible. La gestion des fenêtres et l'intégrité des données est assurée par la couche Liaison de données, tandis que la couche physique définit les caractéristiques électriques de la liaison.

A chacune de ces couches est associé un document normatif qui en fournit une description précise. Les paragraphes suivants décrivent les principales

2.2 Couche Physique

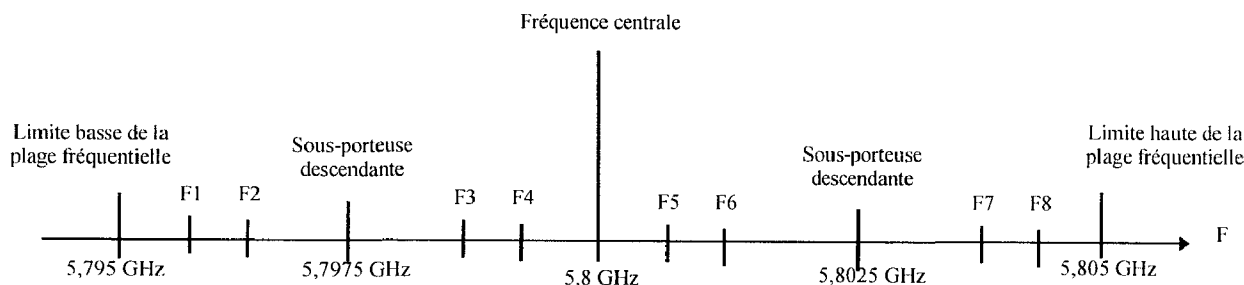
Référence bibliographique : [1] Norme expérimentale ENV 12253 Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC)- Physical Layer using Microwave at 5.8 GHz.

La couche physique correspond à la nature du lien et notamment aux caractéristiques électriques de la liaison hyperfréquence ou infrarouge.

Le média infrarouge ne sera pas traité dans la suite du document, car son utilisation reste aujourd'hui théorique et tous les efforts sont concentrés sur les hyperfréquences.

La couche physique correspond aux caractéristiques suivantes :

- Fréquence utilisée : 5,8 GHz
- Plage fréquentielle : 10 MHz
- Soit 5,795 à 5,805 GHz



Sous-porteuses montantes (F1 à F8)

F1 : 5795,5 MHz	F5 : 5800,5 MHz
F2 : 5796 MHz	F6 : 5801 MHz
F3 : 5799 MHz	F7 : 5804 MHz
F4 : 5799,5 MHz	F8 : 5804,5 MHz

Les sous-porteuses utilisées dans le sens descendant et montant sont définies par la couche physique, et sont indiquées dans la table de service de l'équipement fixe.

Pour le sens montant, l'équipement embarqué utilise les sous-porteuses (F1 à F8).

Dans le cas où la balise fixe utilise la fréquence 5,7975 GHz, la transmission montante pourra être effectuée au choix sur les fréquences symétriques F1 et F4 ou F2 et F3. L'équipement embarqué a la possibilité de moduler les deux fréquences symétriques (ex. : F1 et F4) ou seulement la fréquence supérieure, en l'occurrence F4.

Le choix de la fréquence montante utilisée, est défini dans les profils qu'utilise l'application.

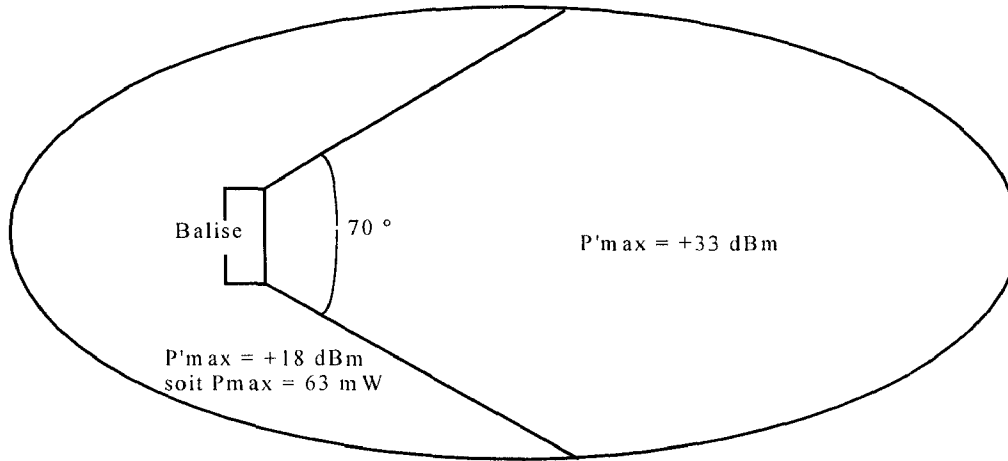
Les puissances délivrées par les balises fixes sont définies dans la norme avec un maximum de 33 dBm. Il s'agit d'une valeur indiquant le niveau de puissance par rapport à 1 mW. La formule de transformation est :

$$P' = 10 \log \frac{P}{1mW}$$

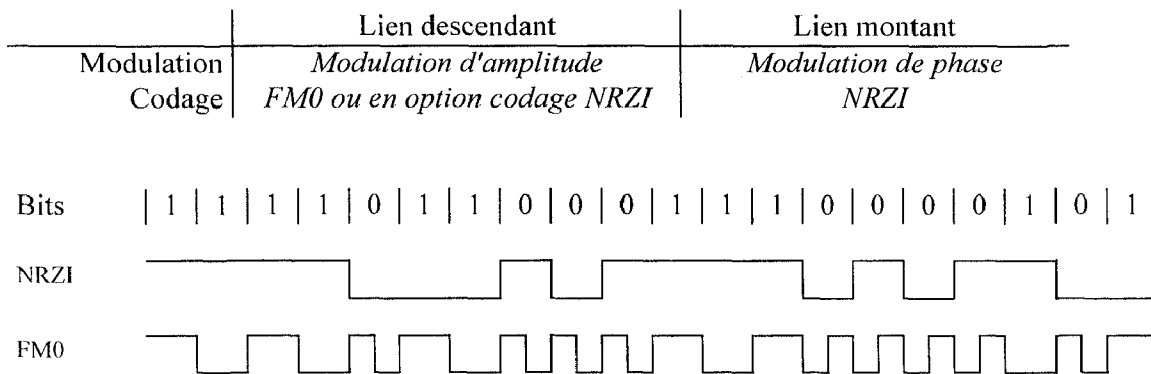
P' en exprimé en dBm

P en exprimé en Watts

Pour une puissance maximum de 33 dBm, on aura une puissance P exprimée en watt de : 2 W maxi



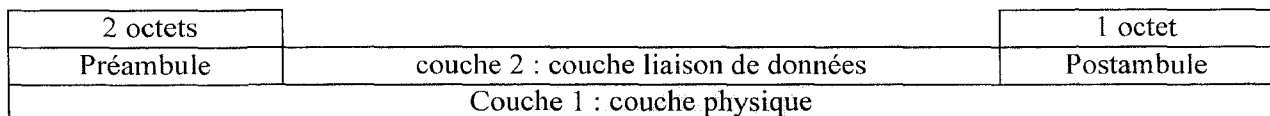
L'équipement embarqué, muni d'une antenne non amplifiée, doit recevoir une puissance minimale comprise entre -40 dBm et -14 dBm (0,1 μW et 40 μW) selon la bande de fréquences utilisée. En fonction de ces valeurs, la zone de communication sera plus ou moins importante.



Mode d'accès semi-duplex, c'est à dire : liaison bidirectionnelle par alternat.
 Accès par division temporelle asynchrone TDMA (Time Division Multiple Access).

L'équipement embarqué est maintenu en veille afin d'économiser ses ressources énergétiques. Il est réveillé lorsqu'il pénètre dans la zone de communication d'une balise par une trame de 12 octets minimum et d'une durée minimum de 200 μs. L'équipement embarqué sera maintenu réveillé au moins 100 ms après avoir effectué une transmission, et à condition de ne plus recevoir de signal.

Structure de la trame de la couche 1



2.3 Couche Liaison de données

Référence bibliographique : [2] Norme expérimentale ENV 12795 Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC)- DSRC Data Link Layer : Medium Access and Logical Link Control.

La couche liaison définit l'organisation des trames DSRC et garantit le bon acheminement des données. Cette couche est divisée en deux sous-couches reprenant chacune une partie des fonctions de la couche liaison. On distingue :

- **la sous-couche MAC** (Medium Access Control) qui assure l'accès au média et la répartition des ressources entre les différents mobiles,
- **la sous-couche LLC** (Logic Link Control) qui garantit l'intégrité des données échangées.

La figure ci-dessous montre une trame intégrant les sous-couches MAC et LLC dans les différents champs la composant. On retrouvera dans le champ MAC les fonctions assurées par la sous-couche MAC et le champ LPDU incorpore les éléments de la sous-couche LLC.

1 octet	1 ou 4 octets Suivant le type d'adressage	1 octet	$0 \leq N \text{ octets} \leq 119$	2 octets	1 octet
Flag	Link Adress	MAC control field	LPDU	Frame check sequence	Flag

2.3.1 Détail du champ Flag (entête)

FLAG, ou entête, est un champ qui délimite le début et la fin de chaque trame.

Ce champ est constitué d'un octet (8 bits) ayant la structure suivante : 0111 1110.

2.3.2 Détail du champ Link adress

Ce champ est constitué soit par 1 octet pour les trames formant un lien public, soit par 4 octets pour les trames formant un lien privé.

A partir de ce champ, il sera possible de paramétrer les différents types de liaisons souhaitées, notamment :

- la diffusion (broadcast), pour réaliser la transmission d'information à tous les badges présents dans la zone de couverture.
- le multi-adressage (multicast), pour réaliser la transmission d'information à un groupe déterminé de badges présents dans la zone de couverture.
- une liaison privée, pour réaliser une transmission de point à point avec un badge unique.

L'adressage, effectué par le champ "Link adress" est à la fois utilisé par la sous-couche MAC et la sous-couche LLC. Par conséquent, il est normal que cette information soit placée dans un champ indépendant de ces deux sous-couches.

2.3.3 Détail du champ Frame check sequence (FCS)

Toutes les trames doivent contenir une séquence de contrôle (FCS) dont le contenu est fonction des données du champ d'adressage (Link adress), du champ MAC et du champ LPDU (quand il existe).

2.3.4 Détail du champ MAC

Il existe deux types d'organisation du champ MAC : - une pour le sens descendant,
- l'autre pour le sens montant.

☞ Champ MAC pour le sens descendant	L	D(0)	A	C/R	S	X	X	X
☞ Champ MAC pour le sens montant	L	D(1)	R	C/R	X	X	X	X
	7	6	5	4	3	2	1	0

Ce champ permet :

- De déclarer l'existence du champ LPDU dans la trame (bit L).
- D'indiquer le sens de la transmission (bit D).
- D'allouer un créneau temporel ou fenêtre à un équipement mobile (bit A).
- De demander un créneau temporel ou fenêtre à un équipement mobile (bit R).
- De définir le champ LPDU comme étant une commande ou une réponse (bit C/R).
- De détecter s'il s'agit d'une réallocation de fenêtre privée (bit S).

Nota : les bits X sont figés au niveau logique 0.

La sous-couche MAC sert à contrôler l'usage du lien physique. La sous-couche MAC de l'équipement fixe permet d'allouer, soit une fenêtre pour un lien privé, soit une ou plusieurs fenêtres pour un ou plusieurs liens publics. Cette allocation est effectuée à l'initiative de l'équipement fixe, et éventuellement en réponse à une demande d'un équipement mobile.

Le champ MAC comprend les informations de la sous couche MAC ainsi que l'identification du champ LPDU comme étant une commande ou une réponse.

Entre deux fenêtres, un temps T est défini afin que la transmission ne puisse pas superposer des données. Ce temps T est différent selon le type de fenêtre précédemment utilisé (T peut prendre différentes valeurs : T1, T2, T3, T4a, T4b ou T5).

Etablissement de l'adressage :

Deux type d'adressages sont gérés :

- L'adresse de diffusion,
- L'adresse privée constituée de 4 octets. Cette adresse est générée dynamiquement par l'équipement mobile.

Ces adresses constituent un point d'accès aux services SAP (Service Access Point) qui sera utilisé par les différentes applications supportées.

Chaque équipement mobile contient un SAP de diffusion et, si nécessaire pour une transmission montante, un SAP privé.

2.3.5 Structure du champ LPDU

La sous-couche LLC, définie dans la norme couche 2 DSRC, autorise deux classes du champ LLC :

- La classe I : mode sans connexion et sans acquittement (UI : Unnumbered Information).
- La classe III : mode sans connexion avec acquittement (ACn : ACKnowledged command/response).

nota : La classe II : mode orienté connexion, n'est pas utilisée dans la norme DSRC.

La classe I (UI) est utilisée lorsqu'un mobile pénètre dans la zone de couverture d'une balise. Les informations échangées regroupent notamment : adresse temporaire de l'équipement mobile et numéro de profil utilisé par l'application.

Contrôle	Sous-champ : Statut		Champ d'information						
	R	R	R	R	C	C	C	C	Sous-champ LSDU, contenant zéro ou plusieurs octets
	R	R	R	R	C	C	C	C	Link-Service-Data-Unit
N x 8 bits									

La variable N, stockée dans la table de service de l'équipement fixe, est prédéfinie dans la couche application (couche 7). Cette table contient également les valeurs d'adressage des équipements mobiles connus ainsi que les adresses pour le mode diffusion. N sera compris entre 0 et 119.

Constitution de l'octet de Contrôle

	8 bits							
	MSB							LSB
UI	0	0	0	P/F	0	0	1	1
ACn	n	1	1	P/F	0	1	1	1

Le bits n est utilisé pour établir les fonctions : commande/réponse (accusé de réception d'une commande ou d'une réponse)

- P/F : Poll bit ⇨ transmission d'une commande LPDU
- Final bit ⇨ transmission d'une réponse LPDU
- La sélection du bit P/F (Poll ou Final) influe sur le bit C/R du champ MAC.

Remarque : les deux bits les moins significatifs (LSB) sont maintenus au niveau logique 1.

Constitution du sous-champ Statut

8 bits							
R	R	R	R	C	C	C	C

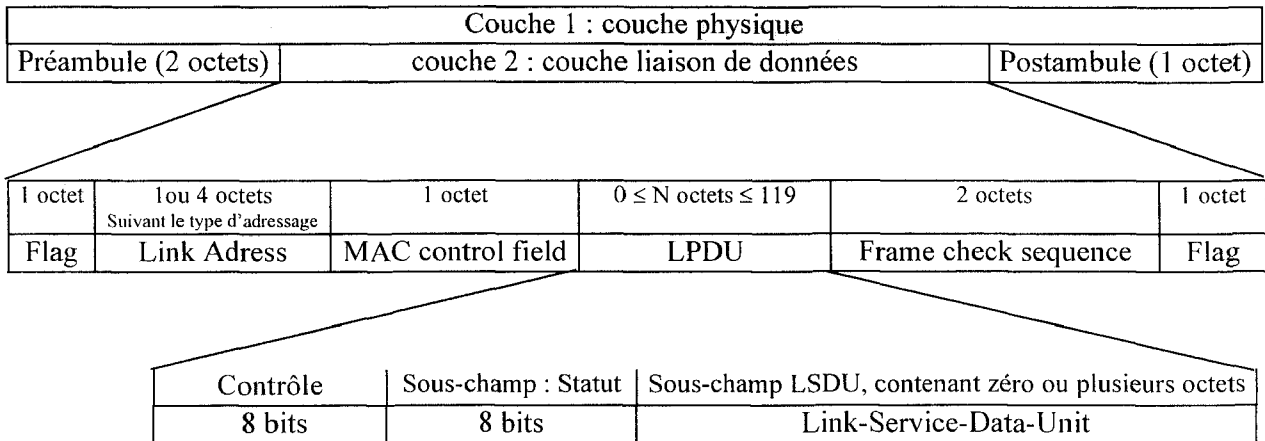
Les valeurs CCCC indiquent le succès ou l'échec de l'échange des informations suite à une instruction "commande", tandis que les valeurs RRRR indiquent le succès ou l'échec de l'échange des informations suite à une instruction "réponse".

Constitution du sous-champ LSDU, contenant zéro ou plusieurs octets

N ₁ x 8 bits	
Link-Service-Data-Unit	

La variable N₁ correspond au nombre d'octets de données utiles transmises par la trame DSRC. La variable N₁ est donc comprise entre 0 et 117 (N₁ = N - 2 octets).

2.3.6 Schéma de la structure générale d'un trame DSRC



2.4 La couche application

Référence bibliographique : [3] Norme expérimentale ENV 12834 Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC)- Application Layer.

Cette couche permet de préparer les données à transmettre en les organisant de façon à pouvoir les émettre via les couches inférieures.

La couche application permet d'intégrer plusieurs applications sur le même média de communication en organisant les flux. Cette organisation est basée sur le fractionnement des données de chaque application puis sur le multiplexage de ces données fractionnées en une suite de données à transmettre.

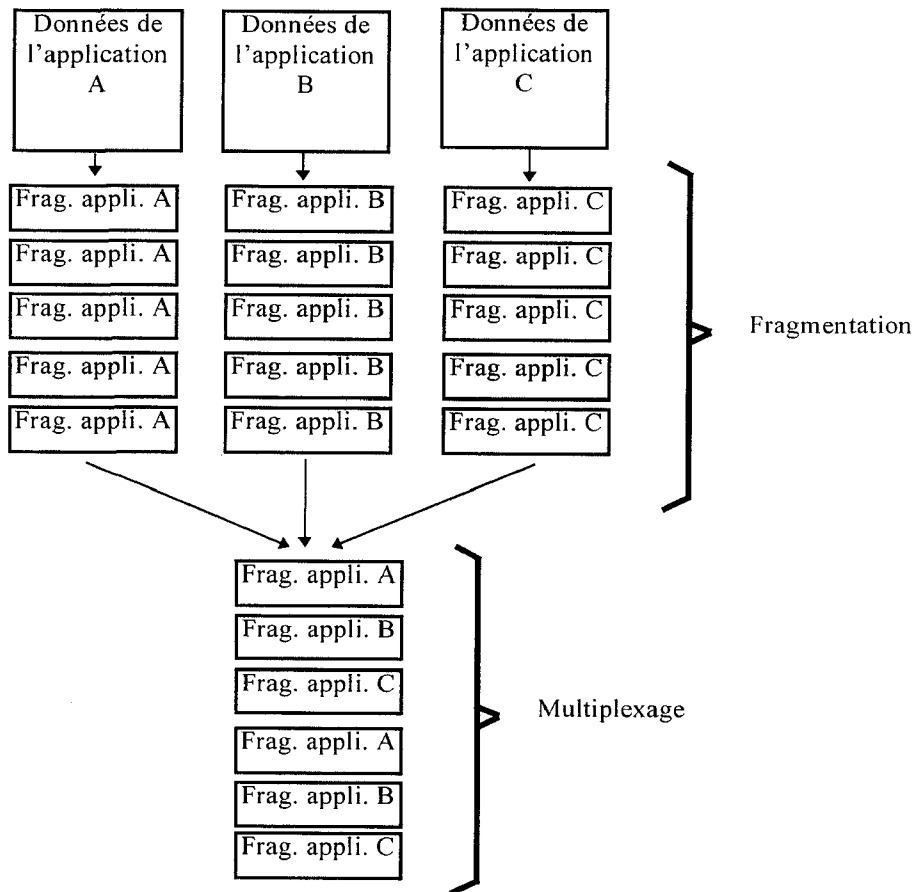
La couche application dispose de différents moyens de mise en forme. On distingue :

- Le découpage des données afin de les faire rentrer dans les trames DSRC,
- Le multiplexage des données provenant de plusieurs sources ou de plusieurs applications.

La longueur de la fragmentation ne peut pas excéder la longueur du paquet LLC, c'est à dire 119 octets bruts desquels il faut déduire au moins 2 octets pour les champs de contrôle.

Pour pouvoir transmettre une longue séquence de données, il faut les segmenter afin de pouvoir les faire rentrer dans la trame DSRC. Pour cela, la norme DSRC définit une fonction dite : fragmentation. Cette fonction consiste à fragmenter les données et à identifier les différents fragments par un (ou plusieurs) octet d'en-tête. L'entête peut être composée de 1 octet si aucune fragmentation n'est effectuée, de 2 ou 3 octets suivant le nombre de fragments.

Le multiplexage permet de transmettre des données provenant de plusieurs applications, en mélangeant les différents flux.



La couche application utilise également les informations de profil nécessaires pour identifier le type d'échange. Ces informations alimenteront la table de service des balises fixes.

2.5 Les profils

Référence bibliographique : [4] Prénorme européenne prENV ISO 15625 (Profils DSRC pour des applications de trafic routier et télématique des transports) - Mai 1997

Les profils correspondant aux applications RTTT (Road Transport and Traffic Telematics) sont définies dans la norme prENV ISO 15625.

Chaque profil correspond à une application particulière et l'équipement fixe informe l'équipement mobile du type de profil qui va être utilisé dans la suite des échanges.

Les paramètres correspondant à ces profils sont inscrits dans la table de service de l'équipement fixe.

La norme DSRC définit plusieurs types de profils donnant accès à des applications prédéfinies, avec notamment une distinction entre les applications :

- Identification
- Transaction
- Diffusion
- Diffusion et transaction

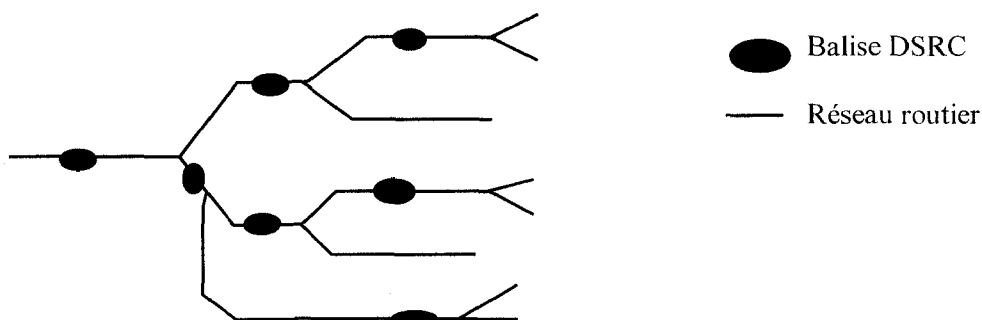
2.6 Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance

Référence bibliographique : Norme expérimentale XP ENV 12315-1 & 12315-2 (Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance - partie 1 : spécifications des données pour la direction descendante) & (Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance - partie 2 : spécifications des données pour la direction ascendante) - Mars 1997.

Ces normes expérimentales visent à définir les données nécessaires à des applications d'information aux automobilistes telles que : le guidage dynamique routier, les messages d'alerte, les informations sur les parcs de stationnement et les parcs relais. Elles ne traitent pour l'instant que le guidage routier.

☞ organisation du système de guidage routier.

Le guidage routier fonctionne avec des données émises par les balises. Pour une balise particulière, ces données couvrent l'ensemble des informations nécessaires pour aller vers une autre balise.



Les traitements sont effectués dans un « office central » puis les données sont acheminées vers les balises adéquates afin d'être diffusées vers les automobilistes.

Les informations diffusées comprennent des données sur l'emplacement des balises suivantes, des éléments de trafic, des descriptions des entrées/sorties et des éléments sur les restrictions des classes (VL/PL).

☞ Présentation des données.

L'ensemble des données précédemment citées est présenté sous forme de tables qui sont transmises aux véhicules. Les équipements embarqués utilisent les informations qui correspondent à la destination choisie.

☞ Événement de trafic.

Le système collecte automatiquement les informations liées aux conditions de circulation. Ces données, issues des véhicules équipés, sont traitées au niveau de « l'office central » puis sont injectées dans les traitements de guidage dynamique.

3. Applications actuellement supportées par les DSRC

3.1 Télépéage

3.1.1 Généralités

Le télépéage a débuté en France dans les années quatre vingt dix.

Plusieurs types de système se côtoient.

Sur l'ensemble du réseau autoroutier concédé, le développement des systèmes de télépéage se traduit par les chiffres suivants (source : l'ASFA, octobre 1997) :

- 600 voies équipées
- 200 000 abonnés
- 3 millions de transactions par mois

Les systèmes actuellement déployés ne sont pas conçus pour réaliser d'autres fonctions que le télépéage et restent spécifiques à un gestionnaire.

La majorité des systèmes en fonctionnement utilisent des fréquences de 2,45 GHz et sont organisés autour de la lecture d'un badge identifiant. La fonction de transaction est centralisée au cœur du système informatique du gestionnaire de l'infrastructure.

La CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) a depuis préconisé l'usage de la bande des 5,8 GHz pour la fonction télépéage.

Actuellement, l'utilisation de chaque système de télépéage est régie par un contrat propre à chaque gestionnaire. L'utilisateur qui souhaite utiliser le télépéage sur plusieurs réseaux autoroutiers doit en outre se munir d'autant de systèmes différents, d'où un investissement dont la rentabilité n'est pas assurée. Cette situation constitue un frein important au développement du télépéage.

Le télépéage autorise plusieurs mode de paiement, notamment :

- le prépaiement,
- le paiement en temps réel,
- le post-paiement.

Le télépéage est aujourd'hui la seule application des communications dédiées à courte distance à être réellement opérationnelle. Bien que toutes les sociétés d'autoroutes aient investi dans un système de télépéage, il faut toutefois noter que les différents systèmes existants (hormis celui de SAPRR) ne reposent pas sur la norme DSRC.

3.1.2 Présentation d'un système de télépéage utilisant les DSRC ; cas de SAPRR

La présentation du système de télépéage de SAPRR, fait suite à une visite de la Direction Régionale d'Exploitation Rhône-Ain (site de Genay).

Le télépéage de SAPRR a la particularité de faire cohabiter deux systèmes différents, dont le dernier marque une évolution vers la norme DSRC. En effet, le premier dispositif de télépéage reposait sur une liaison radio à 2,45 GHz, fonctionnant en lecture seule. Ce système s'adressait à des usagers effectuant des trajets quotidiens domicile-travail et empruntant un parcours déterminé.

Ce dispositif ne sera pas détaillé, car il n'entre pas le champ de l'étude.

L'appellation Mistral correspond au système DSRC mis en place, mais aussi au nom commercial de l'abonnement. Mistral en tant qu'offre commerciale va bientôt être remplacée par *Tempo Pass* qui correspondra à une autre forme d'abonnement, mais qui reposera toujours sur le matériel Mistral.

Mistral fonctionne sur 6 gares de péage réparties sur un tronçon de 60 km avec 36 antennes (ou balises) en système fermé (gare de péage en entrée et en sortie), et sur 2 gares de péage en système ouvert (une seule gare de péage en entrée ou en sortie) avec 9 antennes.

Nombres d'abonnés au télépéage SAPRR (en Rhône-Ain) : 12 000

Répartition	Système AMTECH (2,45 GHz)	7 700
	Système Mistral (5,8 GHz)	4 300

Les partenaires de SAPRR :

- Thomson-CSF pour ses compétences dans les systèmes de transmission,
- Elsydel pour ses compétences sur les systèmes de péage,
- Syseca pour réaliser l'intégration de l'application.

3.1.2.1 Organisation du système

Le télépéage mis en œuvre par SAPRR sur l'A42 avait pour but d'expérimenter la norme DSRC tout en continuant une politique destinée aux trajets domicile-travail. SAPRR propose donc une offre commerciale baptisée Mistral, fonctionnant en post-paiement.

Les transactions provenant du télépéage sont transparentes et entièrement intégrées au système informatique qui gère les abonnés quelle que soit la formule choisie. Les données recueillies lors du passage d'un véhicule équipé sous une balise, sont stockées au niveau de la gare de péage puis rapatriées au centre de gestion des abonnés situé à Dijon. C'est dans ce centre que les informations sont dépouillées afin de reconstituer le trajet de l'utilisateur et de lui facturer le coût du péage.

Lorsqu'un véhicule se présente en gare de péage, la balise Mistral lit l'identification du badge et inscrit le numéro de la gare, de la voie, l'heure et la date de passage. Lorsque le véhicule sort de l'autoroute, la balise Mistral lit les données figurant sur le badge et inscrit les informations de sortie. Les mêmes informations d'entrée et de sortie seront communiquées au centre des abonnements afin de reconstituer le trajet du véhicule et permettre la facturation. Si la gare de péage d'entrée ou de sortie n'est pas équipée du système Mistral, les usagers disposent d'une carte magnétique afin de bénéficier de leur abonnement.

Un usager abonné à Mistral peut donc entrer sur la section à péage en utilisant son badge, mais sortir au-delà de la zone équipée (A42). Pour permettre cette manœuvre, un portique muni de balises DSRC a été installé en pleine section (il couvre les deux sens de circulation : voies de circulation, plus bandes d'arrêt d'urgence) en fin de zone de télépéage et joue le rôle d'une gare de péage virtuelle. Le badge est donc enregistré en entrée, puis de nouveau en section courante sous le portique, cela signifie qu'il est présent sur l'autoroute et que la sortie sera effectuée avec l'utilisation de sa carte magnétique.

Inversement, quand un usager entre au-delà de la zone équipée, il doit prendre un ticket en entrée. A son passage sous le portique, la balise va inscrire sur le badge les informations d'entrée dans la zone équipée. À une gare sortie de équipée, le système Mistral, sachant que l'utilisateur est passé sous le portique et donc que l'utilisateur détient un ticket, lui demande d'insérer son ticket, puis sa carte magnétique. Le centre de gestion des abonnements est alors en mesure de reconstituer la totalité du trajet.

Le portique permet donc de signaler un véhicule muni d'un badge sortant ou entrant de la zone de télépéage. Toutes ces informations subiront une concaténation au centre de gestion afin d'éditionner mensuellement la facturation des trajets effectués par l'abonné Mistral.

3.1.2.2 Type de données échangées

Le badge se présente sous la forme d'un boîtier monolithique.

Les données présentes sur le badge sont de deux types : les données fixes comme le numéro d'abonné et des données dynamiques comme les numéros de gare, les numéros de voies, les heures et dates de passage.

Avant toute autorisation de pénétrer sur l'autoroute, Mistral vérifie que le badge ne figure pas sur une liste noire (liste des badges mis en opposition).

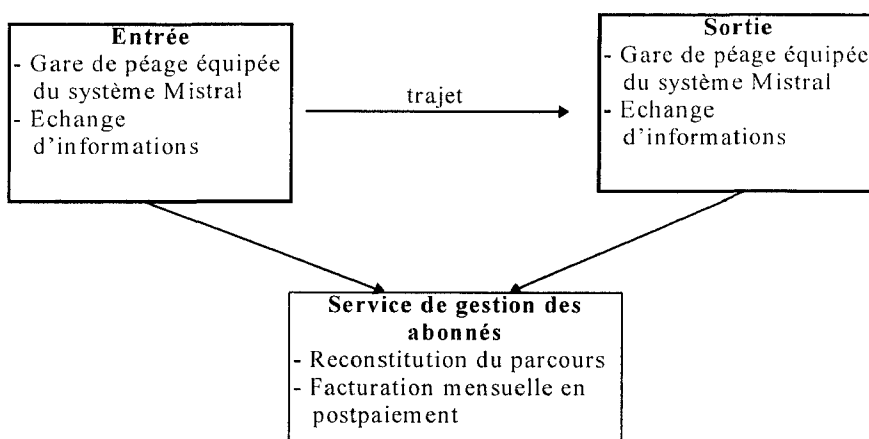
Le badge garde en mémoire les 200 dernières transactions et l'utilisateur peut accéder à ces informations dans deux des centres d'accueil et d'information de la SAPRR. Ces points d'accueil sont munis d'une balise DSRC, du même type que celles installées sur l'autoroute, et d'un écran de visualisation. A la demande de l'utilisateur, le personnel d'accueil a la possibilité d'imprimer ces informations et de les lui remettre.

Informations techniques :

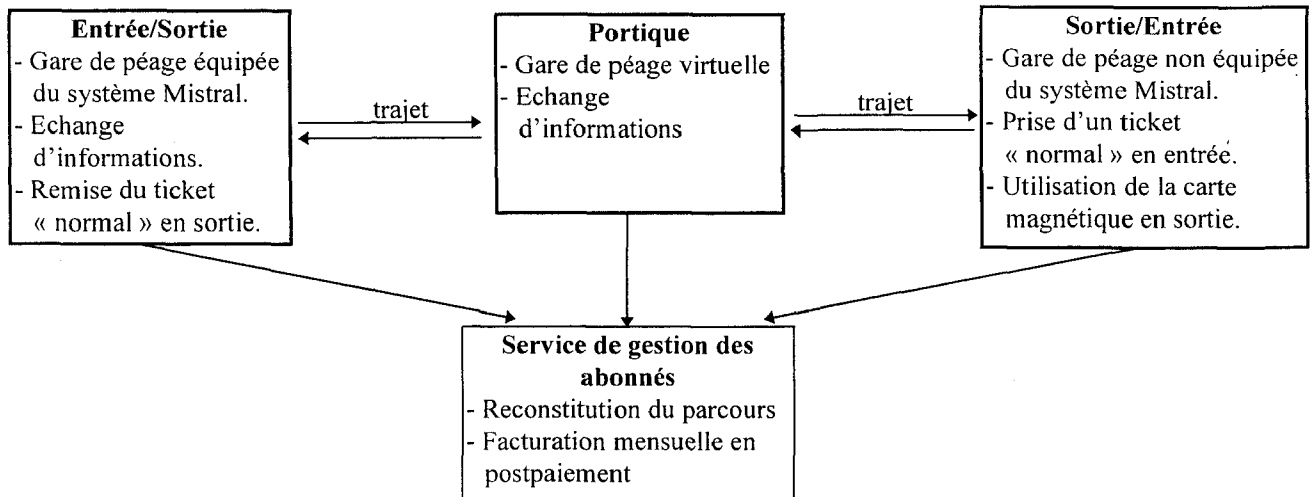
- Débits montant 250 kbits/s ; débit descendant 250 kbits/s.
- Nombre de trames échangées : 3 trames (2 trames montantes (en lecture) et 1 trame descendante (en écriture)).
- Volume brut des données échangées : 78 octets (60 octets du badge vers la balise et 18 octets de la balise vers le badge).
- Volume des données utiles : 51 octets (42 dans le sens montant (1 trame de 22 octets et 1 trame de 20 octets) et 9 dans le sens descendant).
- Temps de transaction compris entre 75 ms et 100 ms pour trois cycles :
 - ☞ 1^{er} cycle : réveil du badge,
 - ☞ 2^{ème} cycle : lecture des deux trames, (1 trame de 31 octets dont 22 octets utiles et 1 trame de 29 octets dont 20 octets utiles),
 - ☞ 3^{ème} cycle : écriture d'une trame pour le point de passage (18 octets dont 9 octets utiles).

Schéma :

Cas standard



Cas particuliers



3.1.2.3 Usage de la normalisation

Mistral est un système de télépéage conçu par Thomson-CSF, basé sur les communications dédiées à courte distance (DSRC). Cependant, à la date de mise en service (décembre 1994), la norme DSRC n'était pas encore stabilisée et le système ainsi développé n'est pas forcément conforme à toutes les spécifications finales de la norme.

Le système Mistral mis en place par SAPRR serait parfaitement envisageable avec un badge en lecture seule, cependant, il faut rappeler que la démarche de la SAPRR était de réaliser une expérimentation des DSRC avec lecture / écriture du badge.

3.1.2.4 Performances

Le télépéage permet d'augmenter le débit des véhicules aux gares de péage, faisant progresser le débit par voie de 200 véhicules/h avec intervention d'une caisse à 700 ou 800 véhicules/h avec le télépéage. Le portique pleine voie servant de gare de péage virtuelle a été testé avec succès à des vitesses de 215 km/h.

La zone de communication représente une tâche de 3 x 4 m, imposant un délai de transaction inférieur à 70 ms pour une vitesse de 215 km.

Le taux d'erreur dû à la transmission DSRC doit être inférieur à 10^{-6} .

Causes de refus d'accès à l'infrastructure :

- Le badge est inscrit sur la liste noire (déclaration de vol, facture impayée),
- La communication n'a pas été correctement réalisée (badge ou balise en panne, alimentation électrique du badge trop faible, ou autre, par exemple problème du comportement de l'abonné comme la non activation du badge...).

En gare de péage, un panneau d'information destiné aux usagers, indique les raisons d'un refus d'accès ou un dysfonctionnement du badge.

3.1.2.5 Évolutivité du système

La politique actuelle de SAPRR a pour objectif de proposer aux abonnés du système à 2,45 GHz une formule d'abonnement *Tempo* ou *Tempo Pass* (système Mistral), mais ne prévoit pas d'évolution

notable de Mistral. En effet, le système Mistral, bien que basé sur les DSRC, devra entièrement être remplacé afin de se conformer à la normalisation du télépéage et de permettre la mise en place du Télépéage Inter Société (TIS). La date de migration vers TIS est fixée pour Juin 2000.

Par contre, SAPRR ne semble pas s'orienter vers du télépéage multivoies, mais conserver la structure physique actuelle des gares de péage.

Sur un plan plus général, tous les systèmes de télépéage actuels devront évoluer vers la technologie DSRC pour garantir l'interopérabilité via TIS.

3.1.2.6 Coût de l'application

Coût de l'investissement global : 11 800 KF

Coût du badge Mistral : 350 F TTC

Estimation pour le badge monolithique à coût réduit de TIS : < 200 F TTC

3.1.2.7 rentabilité

Compte tenu du nombre actuel d'abonnés, la rentabilité économique du télépéage reste encore à démontrer. En revanche, il constitue une vitrine technologique du savoir faire des industriels français et des sociétés d'autoroute.

Critères de rentabilité : - Rapidité de passage aux péages (amélioration du débit),
- Fidélisation de la clientèle (tarifs préférentiels),
- Confort des usagers,
- Diminution de la pollution (suppression des files d'attente)
- etc.

3.2 TIS phase 2 (Télépéage Inter-Sociétés)

Actuellement, les systèmes de télépéage sont hétérogènes et utilisent des protocoles et des fréquences différents d'un système à l'autre. La majorité des systèmes de télépéage fonctionnent sur la gamme de fréquence des 2,45 GHz et mettent en œuvre un dispositif d'identification, c'est à dire que le badge est uniquement accessible en lecture et que la procédure de calcul de la transaction est effectuée par le système fixe.

Le programme TIS, qui a débuté en 1995 et qui devrait être opérationnel à partir de l'an 2000, a pour objectif d'unifier les systèmes de télépéages des sociétés concessionnaires en France. Ce dispositif est basé sur un lien DSRC et sur une codification commune.

3.2.1 Codification CIP (Commission Inter-autoroutes à Péage)

Cette codification mise en place par les autoroutiers français permettra de réaliser des transactions sur tous les réseaux concédés avec le même matériel et les mêmes procédures.

Le système TIS devra prendre en compte les différents réseaux empruntés, mais aussi les différents types d'abonnements que l'usager aura contracté avec telle ou telle société d'autoroute.

3.2.2 Organisation du système

L'équipement embarqué développé par CEGELEC-CGA pour TIS comporte deux éléments :

- un boîtier transmetteur
- une carte à puce à microprocesseur (CAM)

la carte est utilisée comme organe de mémorisation des données transactionnelles (identification de l'abonné, type d'abonnement, historique des dernières transactions...)

La spécification prévoit l'utilisation de deux types de cartes à microprocesseur :

- Gemplus MCOS
- Bull CP8 - EASICC

Le dispositif garde en mémoire plusieurs points de passage sous une balise TIS : mémoire glissante des trois derniers points de marquage (le plus ancien est réinscrit lors d'un nouveau passage).

Association Usager/Véhicule/Boîtier/Carte

L'association Véhicule/Boîtier

Étant donné que le boîtier est amovible, le lien entre le véhicule et le boîtier demeure une source de fraude possible. Néanmoins, l'application télépéage considère que ces deux entités sont inséparables.

L'association Boîtier/Carte

Ces deux éléments sont séparables et cela peut engendrer des situations complexes, comme dans le cas où un usager utilise sa carte pour régler un trajet effectué avec un véhicule muni d'un équipement embarqué mais qui ne lui appartient pas. Dans ce cas, le montant est débité sur le compte de l'usager porteur de la carte. C'est une situation de fonctionnement normale.

Par contre si l'usager échange sa carte après être rentré sur la voie payante, on se trouve alors face à une situation de fraude.

Pour gérer toutes ces situations, des espaces mémoires ont été définis :

- L'espace mémoire CAM correspond aux données inscrites sur la carte à puce et permet d'assurer la sécurité des données et leur portabilité.
- L'espace mémoire I-CAM implanté dans le boîtier correspond à une zone image de l'espace mémoire CAM. La nécessité de cet espace est due au temps d'accès des données situées sur la carte incompatible avec la transmission de l'interface Air. Cet espace mémoire associe la performance aux caractéristiques de sécurité de la portabilité de la carte à puce.
- L'espace mémoire VEH qui permet d'associer une carte à un véhicule afin de lutter contre les fraudes que peut engendrer la portabilité des cartes. Les données mémorisées dans cet espace correspondent aux informations qui sont modifiées lors d'une transmission. Donc, un véhicule qui franchit une zone de télépéage a des inscriptions mémorisées au niveau du boîtier. Tout changement de carte entre deux points de transmission pour une même transaction sera identifiable. La comparaison de ces deux espaces mémoire I-CAM et VEH permet de détecter que la carte a été ôtée lors d'un parcours routier payant. Les informations servant à cette opération sont le numéro de la carte et un compteur de surveillance.
- L'espace mémoire Superviseur qui gère l'ensemble des espace mémoire de l'équipement embarqué. Cet espace mémoire permet de réaliser une fonction d'autoconfiguration afin de surveiller l'état des sous-ensembles de l'équipement embarqué.

3.2.3 Type de données

TIS définit les données nécessaires au fonctionnement de l'application et définit également leur l'organisation.

- ☞ Les données contenues dans l'équipement embarqué sont dites compactées, car elles sont sous forme binaire. Ce sont ces données qui transitent sur les liens DSRC.
- ☞ Les données décompactées correspondent aux données issues de l'équipement embarqué mais vues par un HOTE en mode interprété.
Ces données ne donnent pas lieu à des transmissions, mais sont utilisées par l'application pour gérer les transactions. Dans le cadre de ce document, ces données ne seront pas explicitées.

Les données sont organisées sous forme de tables, appelées **objets**, formées de différents champs. Chaque objet est défini par une adresse logique. Ces objets seront utilisés par les directives de la couche 7 (voir tableau du paragraphe 3.2.4- *Usage de la normalisation*).

Les données contenues dans la carte à mémoire

- Identifiant de l'utilisateur (17 octets) : ces données ne sont jamais modifiées par l'application lors d'une transaction de télépéage.
Les champs contenus dans cette table sont : Nationalité ; Société émettrice ; Code usager ; Numéro titulaire ; Fin de validité ; Classe autorisée ; Code mariage ; Trajet autorisé ; Devise ; Détection d'erreurs.
- Conditions commerciales nationales (2 octets) : ces données ne sont pas modifiées par l'application, mais peuvent l'être par le gestionnaire en fonction des évolutions commerciales.
Les champs contenus dans cette table sont : Coefficient de réduction ; Détection d'erreurs.
- Données locales (7 octets) comprenant les champs : Société concernée ; Conditions d'abonnement ; Date de validité ; Détection d'erreurs.
- Variables monétiques des abonnements locaux (5 octets) modifiées par l'équipement embarqué sous contrôle de l'application télépéage.
Les champs contenus dans cette table sont : Solde avant transaction ; Détection d'erreurs.
- Observations (3 octets) comprenant les champs : Compteur d'anomalies ; Bits d'anomalies ; Détection d'erreurs.
- Format général des données d'un point de passage (13 octets). Ces données sont créées par l'application de péage à chaque point de passage.
Les champs contenus dans cette table sont : Type d'enregistrement (systèmes entrée/sortie, fermé/ouvert) ; Société ; Réseau ; N° de gare ; Classe ; Année ; Mois ; Jour ; Heure ; Minute ; Période de tarif ; Coût de la transaction ; Caractères d'observation ; Type d'abonnement ; Détection d'erreurs.

Les données contenues dans le boîtier

- Enregistrement de marquage (18 octets). Cet objet correspond aux trois derniers points de passage.
- Identification du boîtier embarqué (6 octets).
Nota : ces données n'existent plus en tant qu'enregistrement dans le boîtier, mais sont issues d'une trame de réponse sur interrogation.

Format des données transmises

Exemple d'une fonction de lecture d'informations sur la carte à puce :

☞ Condition d'exécution :

- Session transactionnelle ouverte.
- L'objet doit posséder l'attribut lecture autorisée.
- La carte doit être insérée dans l'équipement embarqué.
- La cohérence du couple espace mémoire CAM et I-CAM doit être respecté.
- Les champs adresses doivent être correctement renseignés.

☞ Directive : Lire objet.

Numéro de champ	Nombre de bits	Description
1	8	Identifiant directive (04)
2	4	Espace d'adressage
3	12	Adresse logique objet

☞ Directive : Lire objet acquit.

Numéro de champ	Nombre de bits	Description
1	8	Identifiant directive (04)
2	en fonction du format de l'objet	Données lues

3.2.4 Usage de la normalisation

Le lien DSRC est la technologie retenue pour l'application télépéage. L'application télépéage définie par TIS utilise les normes DSRC, à l'exception de la couche 7 qui n'est pas entièrement respectée.

Profil n°62 pour TIS Phase 2

- Couche 1 : lien véhicule/sol avec sous porteuse 1,5 MHz
- Couche 2 : conforme à la norme
- Couche 7 : Spécification TIS

Profil n°63 pour TIS Phase 2

Idem que le profil 62 avec pour la couche 1 une sous porteuse à 2 MHz.

La couche 7 (couche Application) définie par TIS, gère les aspects transactions, mais ne correspond pas entièrement à la couche 7 définie par la norme prENV 12834. La raison des différences rencontrées est principalement due à l'état non définitif de la norme prENV 12834 lors de la définition du projet TIS.

La couche 7 ainsi définie prend en compte des besoins tels que : gestions de deux cartes (Gemplus et Bull), informations routière, test multivoie.

⇒ Les particularités de la couche 7 définies dans TIS :

- Utilisation d'un profil privé
- Ne permet pas la fragmentation.
- Autorisation d'actions particulières (Décrémenter, Copier, Personnaliser...).

La couche 7 est caractérisée par des actions qui permettent de réaliser la fonction télépéage. Ces actions, appelées directives, sont définies par des identifiants qui sont insérés dans les trames. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des directives disponibles pour l'application TIS.

Identifiant	Directive de commande	Directive de réponse
01	Ouverture session transactionnelle	Ouverture transaction acquit
02	Ouverture session test	Ouverture test acquit
03	Fermeture session	Fermeture acquit
04	Lire objet	Lire acquit
05	Ecrire objet	Ecrire acquit
06	Ecrire valider objet	Ecrire valider acquit
07	Personnaliser boîtier	Personnaliser boîtier acquit
08	Décrementer variable monétique	Décrementer acquit
09	Décrementer valider variable monétique	Décrementer valider acquit
0A	Copier enregistrement	Copier acquit
0B	Activer périphérique à impulsions (buzzer, LED)	-----
0C	Test écho	Test écho acquit
0D	Test fonction	Test fonction acquit
0E	-----	Refus
0F	Ecrire objet test	Ecrire objet test acquit
10	Lire objet test	Lire objet test acquit
11	Activer périphérique séquentiel (afficheur LCD)	-----
FF	Réservé	Réservé

Une même trame de la couche 2 peut transporter une ou plusieurs directives couche 7. Les directives sont interprétées par l'équipement embarqué dans l'ordre séquentiel de réception. Le champ couche 7 comprend au maximum 118 octets (dans les deux sens de transmission).

Une transaction est constituée de plusieurs suites de directives couche 7, portées chacune par une trame couche 2.

3.2.5 Évolutivité du système

TIS est prévu pour rester ouvert à d'autres applications, notamment l'application d'information routière.

Cependant, cette option est à tester afin de valider le bon fonctionnement de ces applications et de vérifier qu'elles n'engendrent pas de dysfonctionnement les unes envers les autres.

La couche 7 définie pour l'application TIS s'appuie sur la couche 7 prENV 12834 pour permettre l'enregistrement des numéros de l'équipement embarqué au niveau européen, et aussi pour assurer une transition possible avec des équipements embarqués de prochaines générations utilisant la couche 7 prENV 12834.

3.2.6 Coût de l'application

Le télépéage inter-sociétés nécessite de changer les systèmes de télépéage déjà en place mais propriétaires, par un nouveau dispositif.

Le coût de cette évolution sera conséquent, car les matériels actuellement utilisés ne pourront pas être réemployés.

Cependant, à la différence des télépéages développés indépendamment, TIS devrait permettre de réduire les coûts de conception, et le volume des matériels à mettre en place devrait également participer à la réduction des coûts.

3.3 Projet VASCO

3.3.1 Présentation du programme VASCO

Cofinancé par la DGXIII de la Commission Européenne, le projet VASCO a eu pour objectif de valider le lien DSRC proposé pour la normalisation en Europe. À partir des pré-normes (prENV) spécifiées par le groupe de travail 9 du TC 278 de la CEN, en charge de ce sujet, le projet VASCO devait tester les DSRC dans toutes les situations afin de déterminer si la pré-norme peut être validée et implémentée ou doit être complétée ou corrigée.

Les tests réalisés dans des conditions de fonctionnement difficiles et supportant de multiples applications devaient permettre de mettre en évidence d'éventuels dysfonctionnements dus à la norme.

Ces tests répartis sur plusieurs sites, ont consisté à vérifier le bon fonctionnement des DSRC dans des conditions météorologiques extrêmes, avec un fonctionnement multi-voies et multi-applications. VASCO devait aussi permettre de vérifier la compatibilité et l'interopérabilité des équipements embarqués et fixes produits par différents industriels.

3.3.2 Les différents sites d'expérimentation

- Le site de Saint Quentin en France

Le site français a été choisi pour vérifier si les pré-normes DSRC (prENV) sont appropriées pour l'application de télépéage automatique avec une sécurité des transactions financière suffisante quelles que soient les conditions météorologiques.

Ce site doit également servir à valider les pré-normes DSRC pour un usage multi-applications (télépéage et informations de trafic).

La configuration du site correspond à une ligne droite de 2 km de long équipée de trois portiques pour différentes applications fonctionnant soit en mono-voie, soit en multi-voie. Les tests sont réalisés à différentes vitesses allant jusqu'à 150 km/h.

À ce jour, une campagne d'essais de trois semaines a permis de tester tous les matériels des différents partenaires industriels pour l'ensemble des situations :

- tests pour vérifier le comportement des équipements DSRC dans des conditions environnementales particulières (proximité de plusieurs équipements, obstacles, etc.).
- test pratiqué à très faible vitesse, test pour les effets de masquage et sur grande plate-forme.

- Le site A555 en Allemagne

Les tests qui sont pratiqués sur le site A555 portent sur l'interopérabilité et l'intégration de plusieurs applications. Sur cette autoroute, des systèmes télématiques sont testés en configuration réelle, sur une infrastructure à trois voies et avec des vitesses atteignant 250 km/h.

Ces tests seront réalisés sur une section d'autoroute de 10 km, équipée de 10 portiques et les applications testées consistent en :

- Télépéage,
- Informations de trafic,
- Gestion de fret
- Guidage
- Contrôle d'accès,
- Gestion des parkings
- Appels d'urgence.

- Le site E6-TRD en Norvège

L'objectif de ce test est de vérifier le fonctionnement des DSRC pour les applications de télépéage comprenant la classification des véhicules et le traitement des fraudes (« enforcement ») ainsi que l'information routière. L'aspect météo est également retenu, afin de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des éléments du lien DSRC dans les conditions de température très basse.

3.3.3 Conclusion sur VASCO

Les tests pratiqués jusqu'à présent ont porté sur l'analyse formelle des normes DSRC et sur la bonne intégration des matériels des différents industriels.

À la date où est rédigé ce document, les rapports officiels ne sont pas encore disponibles. Néanmoins, il semble que les tests pratiqués aient permis d'améliorer les matériels des industriels et de préparer la campagne d'évaluation d'interopérabilité des matériels et des applications supportées par les DSRC.

Un article paru dans « Trans Flash ; Spécial télématique des déplacements » de mars 1998 [Voir annexe « *Les normes de communication sol-véhicule à courte portée : une nécessaire validation* »] précise les travaux réalisés et leur état d'avancement.

3.4 AIDA (Application pour l'Information Des Autoroutes)

Le projet AIDA n'a pas pu faire l'objet d'une visite sur site en raison de l'état d'avancement de l'expérimentation. Les éléments regroupés dans ce document sont issus d'un rapport d'avancement [9], et d'entretiens réalisés par téléphone avec M. Olivier CLAIR (Direction de la recherche du Groupe Renault).

AIDA est une expérimentation réunissant plusieurs partenaires : Cofiroute, Renault, PSA, CS Route. L'expérimentation est effectuée sur une portion d'autoroute entre Orléans et Paris d'une longueur de 100 km. Les balises constituant les équipements fixes sont disposées environ tous les 10 km. Ces balises servent de boîte à lettres pour les informations à émettre.

Lorsqu'un véhicule a une information à transmettre, les données sont stockées dans la mémoire du badge, puis émises lorsque le mobile entre dans une zone de communication. Ces informations contiennent également un localisant, afin d'avoir une estimation fine du lieu. Pour calculer ce localisant, le système incrémente la distance entre le moment où le conducteur a voulu émettre et le moment où le message est réellement transmis.

Le projet AIDA est prévu pour se dérouler en deux phases :

- La première phase doit permettre de valider les choix techniques sur un site privé.
- La seconde phase doit être réalisée en site réel sur une portion autoroutière de l'A10.

3.4.1 Présentation des services AIDA

Le projet AIDA autorise deux approches :

- une pour apporter un service aux conducteurs,
- l'autre pour renseigner le gestionnaire de l'infrastructure sur les conditions de circulation.

Les véhicules équipés d'un système AIDA sont considérés à la fois comme des usagers auxquels sont destinées des informations routières et comme des capteurs pour recueillir ces mêmes informations.

Trois gammes de services sont définies :

⇒ **Services conducteurs - Sécurité**

Ces services sont spontanément affichés par le terminal AIDA, sans intervention du conducteur.

Identification du service	Observations / Evénements pris en compte
Incident trafic	Travaux ; Bouchon ; Accident ou incident ; Objet sur chaussée ; Véhicule arrêté ; Forte pluie ; Brouillard ; etc.
Déviation	Afficher sous forme de texte suite à des perturbations de réseaux
PMV	Répète le message des PMV, lorsque celui-ci a un caractère atypique. La transmission coïncide avec le passage sous un PMV et est constituée de 30 caractères maximum.
Aide à l'appel d'urgence	Il s'agit de fournir au conducteur des informations sur le point kilométrique du PAU le plus proche ainsi que le numéro du peloton de gendarmerie pour les appels GSM. Ces informations sont rafraîchies à chaque passage sous une balise, et le conducteur peut y accéder en interrogeant un menu spécifique

⇒ **Services conducteurs - Confort**

Ces services sont consultables à tout moment par le conducteur, qui peut y accéder par l'intermédiaire d'un menu déroulant.

Identification du service	Observations / Evénements pris en compte
Distances aux sorties et temps de parcours	La distance séparant le véhicule des prochaines sorties est indiquée (les 5 à 20 prochaines sorties), ainsi que les temps de parcours réels correspondants calculés en fonction des informations provenant des autres véhicules.
Tarifs des carburants	Indication des 3 stations-service suivantes avec des informations sur la distance et sur les tarifs des carburants.
Aires de services et de repos	Indication des 3 prochaines aires de repos avec des informations sur les services disponibles dans chacune.

⇒ **Services opérateur**

Ces services correspondent aux informations qui remontent des véhicules vers les gestionnaires de l'infrastructure.

Identification du service	Observations / Evénements pris en compte
St Bernard	Les conducteurs ont la possibilité de signaler un incident sur le réseau. Pour cela, ils disposent d'un bouton qui donne accès à un menu déroulant décrivant différentes situations (accident, véhicule arrêté, objet sur chaussée, forte pluie, brouillard, ...). Cette information est émise lorsque le véhicule passe sous une balise. La localisation de l'incident est déduite de la distance parcourue entre l'activation de l'alerte par le conducteur et le passage sous la balise.
Recueil d'informations météo	Le terminal embarqué AIDA est relié à des capteurs véhicules qui indiquent l'usage de certains équipements (feux de brouillard, essuie-glace deuxième vitesse). La transmission de cette information au serveur qui gère le système permet à celui-ci de déterminer les conditions météo rencontrées.
Recueil de temps de parcours	Le temps mis pour parcourir la distance séparant deux balises AIDA est calculé par les terminaux embarqués, enregistré par les balises, puis transmis au serveur AIDA.
Recueil d'informations de ralentissement	Le terminal embarqué AIDA recueille des « données véhicule » comme la vitesse ; il peut ainsi détecter une forte décélération et transmettre cette information au serveur qui gère le système.

Les données ainsi remontées sont classifiables en deux types :

1er type : Données collectées sans intervention des conducteurs

Moyennant la validation statistiques des données transmises par un nombre suffisant de véhicules, on peut ainsi détecter des bouchons et suivre leur évolution.

Le conducteur n'est pas identifié : l'identification du badge émetteur est effective, mais cette information reste au niveau des balises.

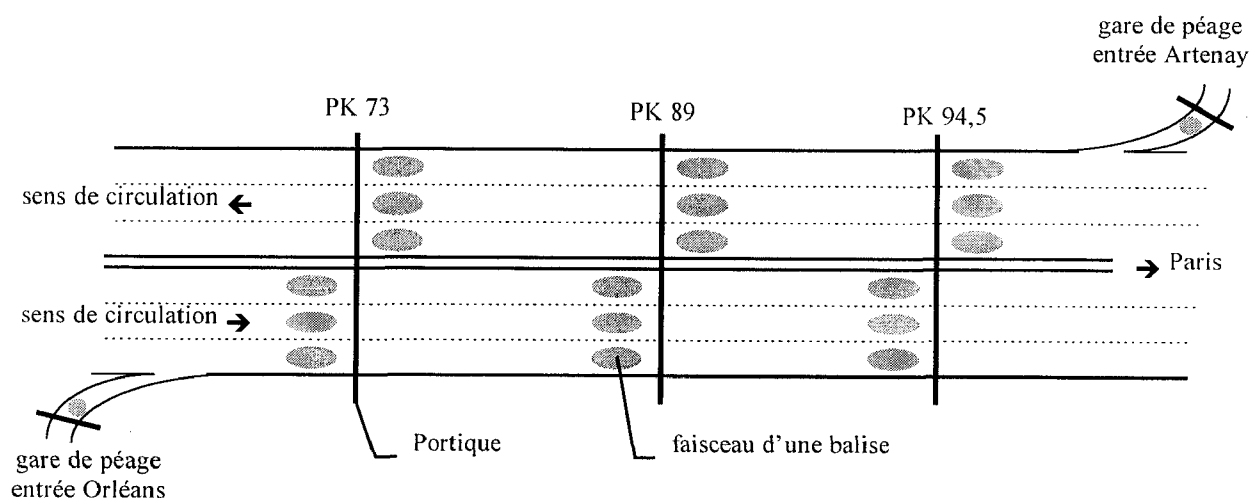
2ème type : Données transmises suite à un acte volontaire du conducteur (service St Bernard).

Dans ce scénario, l'usager donnant l'alerte est identifié afin de limiter les abus.

3.4.2 Localisation et implantation de l'expérimentation

L'expérimentation doit se dérouler sur le tronçon autoroutier A10, entre la gare de péage Ponthévard (bifurcation A10 et A11) et la gare de péage Olivet (A71), soit sur une longueur d'une centaine de kilomètres.

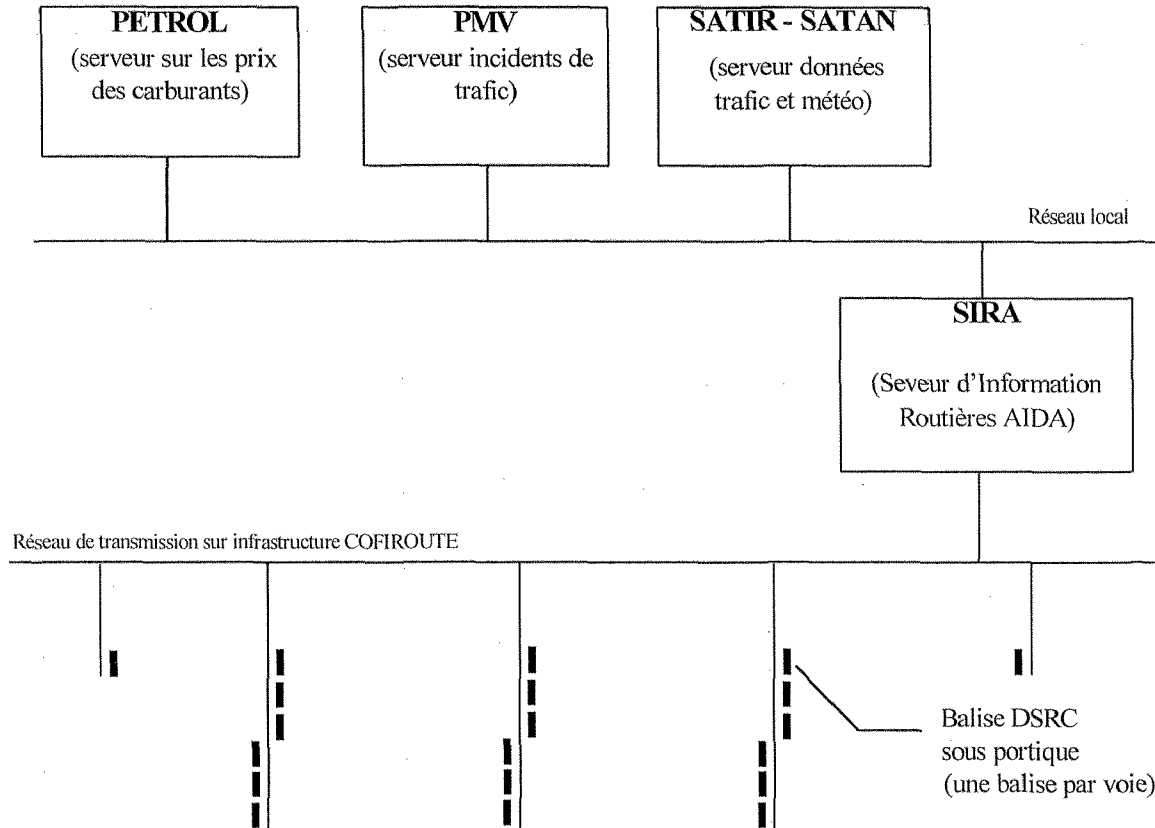
Néanmoins, dans un premier temps seul le tronçon compris entre les gares de péage Artenay et Orléans sera équipé. Le schéma suivant montre la disposition des balises AIDA sur cette portion d'autoroute.



Sur cette section, il y a donc 20 balises DSRC installées (une balise couvre une voie de circulation).

3.4.3 Architecture du système

Le serveur SIRA (Serveur d'Information Routières AIDA) est connecté à d'autres serveurs (SATIR-SATAN ; PMV ; PETROL) afin de récupérer des informations qui entreront dans la préparation des messages AIDA. SIRA recueille également les informations provenant des véhicules en interrogeant les balises par scrutation. Ces dernières se comportent comme des boîtes à lettres qui gardent les informations en mémoire jusqu'à ce que le serveur vienne les consulter.

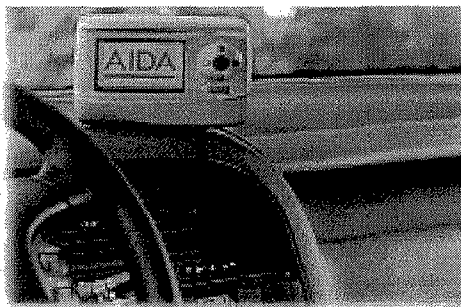


3.4.4 Les différents terminaux AIDA

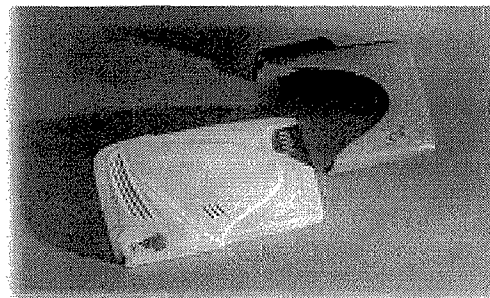
Le programme AIDA a permis de développer plusieurs types de terminaux embarqués qui constituent une gamme de produits de première monte, de seconde monte ou autonome.

Pour les besoins de l'expérimentation, seuls les terminaux de seconde monte seront utilisés.

La conception de ces terminaux permet au conducteur de consulter à tout moment les informations dites « service confort », tandis que les informations de types sécurité sont automatiquement affichées et signalées par une annonce sonore.



Terminal deuxième monte

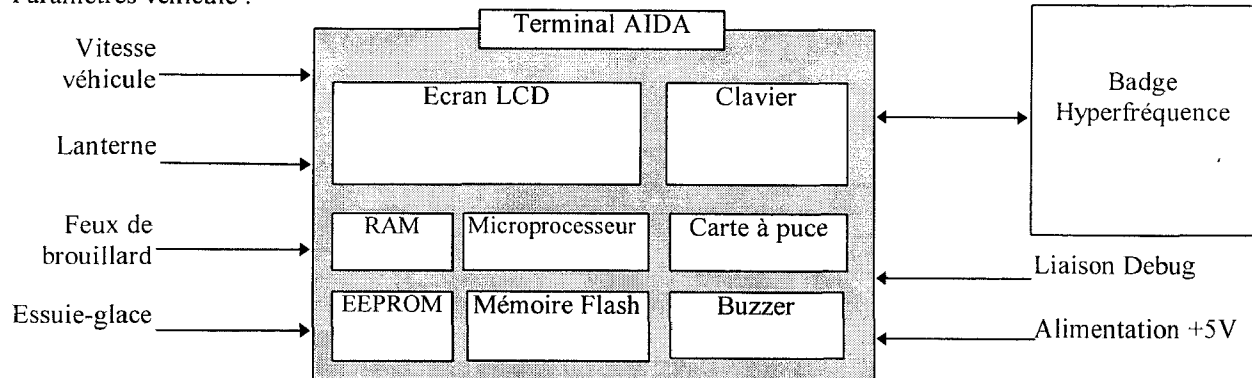


Badge hyperfréquence

Le dispositif embarqué AIDA se compose de deux éléments principaux : le terminal et le badge hyperfréquence.

⇒ **Description du terminal :**

Paramètres véhicule :



Détail des fonctions des différents composants :

- L'alimentation est réalisée par le véhicule (+5V). Lorsque le contact du véhicule est activé, le terminal reste éteint, il peut néanmoins recevoir les informations issues des balises. Sa mise en fonction est effectuée par le conducteur au moyen d'une touche (on/off) prévue à cet effet.
- Le microprocesseur est l'unité de traitement des données.
- Le terminal est muni d'une mémoire RAM fonctionnant avec un temps d'accès de 70 ns. C'est la mémoire de travail du terminal.
- La mémoire flash contient le logiciel d'exploitation du terminal
- L'EEPROM permet de sauvegarder des informations en cas de coupure d'alimentation.
- La carte à puce est actuellement utilisée pour personnaliser et identifier le terminal, mais elle ne sera plus utilisée par AIDA lorsque l'application TIS sera implémentée.
- Le buzzer est utilisé pour signaler l'affichage d'un message dit « Services conducteurs - Sécurité ».
- L'écran LCD et le clavier réalisent l'interface homme/machine.
- La liaison avec le badge hyperfréquence est assurée par une liaison RS 232 et assure la transmission avec les équipements fixes.
- La liaison Debug correspond à une liaison RS 232 qui est utilisée pendant les phases de développement du terminal.
- Les paramètres véhicules sont des signaux de grandeur numérique, permettant de remonter des informations vers le centre de gestion AIDA. Le paramètre « lanterne » est également utilisé pour modifier l'éclairage du terminal.

Une évaluation de l'ergonomie des terminaux est assurée par l'INRETS-LESCO.

3.4.5 Type de données échangées

La transmission nécessaire pour le fonctionnement de AIDA utilise la norme DSRC. Au niveau de l'équipement embarqué, les données à transmettre sont stockées dans une mémoire tampon (500 octets). Cette capacité est utilisée lors des transmissions afin d'améliorer les temps d'accès, sinon les données sont stockées à un autre niveau.

Le badge peut recevoir les deux fréquences descendantes (5,7975 et 5,8025 GHz), cela permet de mettre deux balises côte à côte sans générer d'interférence et de couvrir plusieurs voies de circulation. Lorsqu'un véhicule équipé arrive dans une zone de communication, le badge se présente (émission de son n° d'identification et une fenêtre lui est ouverte). Le badge reçoit les informations en provenance du serveur SIRA (stockées au niveau de la balise), et inversement, émet les données issues du véhicule. Le volume de données ainsi échangé correspond à une centaine d'octets (≈100 octets).

D'après Renault, le volume maximum de données utiles transmises par le lien DSRC tel qu'il est utilisé aujourd'hui dans AIDA, est estimé entre 400 et 500 octets, avec une répartition de l'ordre de 300 octets dans le sens descendant et 100 octets dans le sens montant.

Le projet AIDA devait également mettre en œuvre des balises dont la zone de couverture pouvait couvrir jusqu'à trois voies pour une seule balise. Pour diverses raisons, ce type de balise n'a pas été installé. Si cela avait été le cas, le volume de données transmis aurait été fonction du nombre de mobiles se présentant en même temps (de front) sous la balise. En effet, avec ce mode de fonctionnement, les temps de transmission auraient dû être répartis entre les différents badges, entraînant des volumes échangés moins importants.

3.4.6 Usage de la normalisation

Utilisation des normes DSRC définissant les couches 1, 2, 7 et les profils. Les normes TTI [5] et [6] sont également prises en compte (Renault participe au groupe WG 4 dont elles sont issues).

Si les travaux de ce groupe conduisent à affiner ces normes, Renault se conformera aux évolutions des spécifications.

Les véhicules sont équipés de connecteur pour récupérer des paramètres véhicule. Ces connecteurs sont conformes à la norme KWP2000 (accord avec PSA sur le connecteur et le protocole).

Nota : selon Renault, la loi californienne prévoit de mettre à disposition des forces de l'ordre un connecteur où les paramètres du véhicule permettraient de vérifier la pollution des moteurs. Cela impliquera la compatibilité du brochage de sortie, des données et des protocoles.

3.4.7 Évolutivité du système

Le projet AIDA doit être compatible avec le télépéage inter-société (TIS) et utiliser le même badge hyperfréquence pour réaliser la transmission. Cette solution, si elle se réalise, doit permettre d'assurer un nombre d'usagers conséquent, dans la mesure où l'ensemble des abonnés au différents télépéages évolueront vers TIS avec la possibilité de bénéficier du service AIDA.

La commercialisation et la généralisation de ce système devraient débiter vers l'an 2000, date à laquelle, TIS doit être mis en œuvre.

La participation des deux groupes automobiles Français (Renault et PSA) au projet AIDA est également un gage de développement du produit.

3.4.8 Coût de l'application

En fonction de la zone de couverture des balises (pouvant aller jusqu'à trois voies pour une seule balise), les équipements embarqués doivent être munis d'un amplificateur de signal, ce qui en augmente le prix.

Les badges sont équipés d'une pile supplémentaire et d'une sortie vers un afficheur. Tous les badges de tous les constructeurs ont une sortie (même si elle n'est pas apparente) afin de pouvoir intervenir sur le badge. Néanmoins, ces sorties ne sont pas standardisées.

L'approche AIDA basée sur des matériels définis pour TIS devrait permettre de réduire les coûts du système.

Les éléments à rajouter au système TIS sont :

- Les portiques avec les balises correspondantes au nombre de voies de circulation.
- Le serveur SIRA.
- Les connexions des différents éléments sur le terrain (réseau REPTILE + équipements d'extrémité).
- Les terminaux embarqués.

Pour être efficace, AIDA doit s'appuyer sur un nombre conséquent de point de transmission des informations. En moyenne, il faudrait un portique tous les 10 km.

Compte tenu des informations disponibles, un portique équipé avec six balises devrait coûter entre 550 et 600 kF HT (portique : ≈ 200 kF ; balise DSRC : ≈ 60 kF). Ce coût ne tient pas compte de la mise en œuvre, ni du réseau filaire de transmission.

3.5 TRAVIATA (TRansmission d'Alarmes entre Véhicules Automobiles par Technologies télépéAge)

Le projet TRAVIATA, est issu du projet DEW (DSRC for Emergency Warning), qui est un projet de warning électronique utilisant le lien DSRC pour alerter les usagers de la route d'un événement à risque devant eux. Le but du warning électronique est d'amplifier l'information visuelle des feux de détresse souvent perçus trop tard ou non visibles.

Le projet DEW a été rebaptisé TRAVIATA (Transmission d'Alarmes entre Véhicules Automobiles par Technologies télépéAge) pour être proposé au PREDIT. Le contenu de TRAVIATA est une composante de DEW qui doit permettre de démontrer la faisabilité du projet notamment de la portée du lien DSRC, mais aussi de vérifier que cette application ne perturbe pas le télépéage.

Le consortium TRAVIATA comprend : CS Route, Renault, PSA, Cofiroute, et des experts indépendants (Laboratoire universitaire).

3.5.1 Organisation du système

Le lien DSRC permet de transmettre une information d'alerte, au plus tôt, dans un périmètre restreint autour du point dangereux.

Les modes de déclenchement peuvent reposer sur différents paramètres recueillis automatiquement, à partir desquels on déduit la nature de l'incident. Les paramètres de référence proposés dans le cadre de TRAVIATA devront être validés dans la suite du programme :

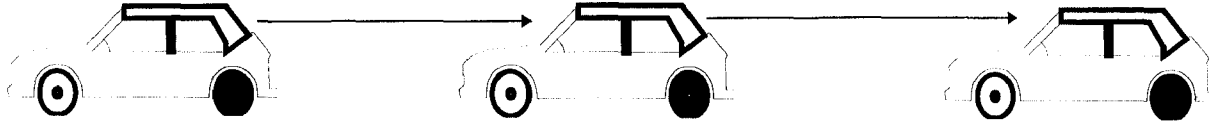
Capteur	Nature de l'incident
Déclenchement manuel (à voir)	Nature de l'incident difficilement identifiable
Déploiement d'airbag	Accident
Activation de l'ABS, variation importante de vitesse	Trafic perturbé
Activation des feux de détresse	Véhicule arrêté ou en difficulté
Activation des feux de détresse pendant que la véhicule ralentit	Bouchon
etc.	

La source des informations semble s'orienter plus vers des paramètres recueillis automatiquement sur le véhicule, que vers des informations volontairement fournies par le conducteur.

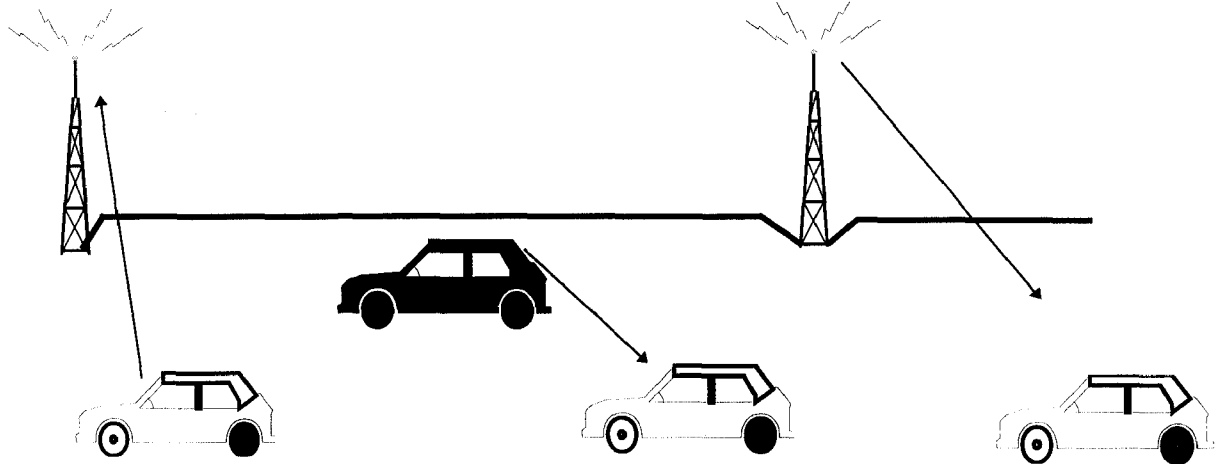
Dans le projet TRAVIATA, plusieurs solutions pour faire parvenir l'information aux véhicules circulant en amont de l'incident sont envisagées. Toutes ces solutions utilisent un badge émetteur/récepteur à 5,8 GHz.

On peut distinguer les solutions suivantes :

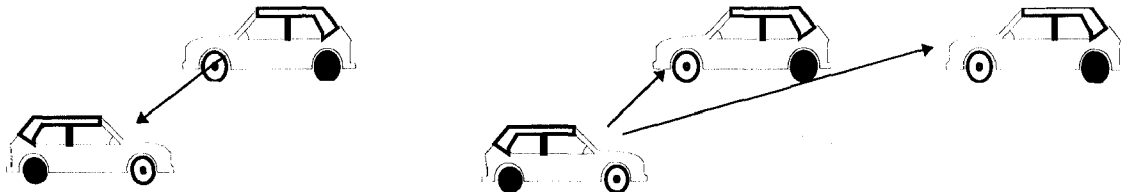
De véhicule à véhicule



De véhicule vers infrastructure puis retransmission aux véhicules passant sous la balise



D'un véhicule vers les véhicules roulant sur la voie inverse afin qu'ils alertes les prochains véhicules croisés.



Le système utilise un badge de type télépéage plus sensible, et un second émetteur placé à l'arrière des véhicules afin de transmettre l'alerte.

L'alerte peut se faire de véhicule à véhicule, elle peut aussi passer par l'infrastructure AIDA afin de diffuser une information d'alerte encore plus en amont. Pour les sections non équipées de balises, les véhicules circulant sur l'autre chaussée peuvent être utilisés pour relayer l'alerte en amont de l'incident. Dans ce cas, il faudra prévoir un paramètre pour indiquer sur quelle chaussée s'est produit l'incident et à quelle distance.

Les possesseurs de badges de télépéage standards doivent pouvoir être alertés par le buzzer intégré aux badges. Par contre ils ne seraient pas en mesure d'émettre une alerte. Cette fonction pourrait être un complément (interne ou externe) au dispositif embarqué pour le télépéage.

3.5.2 Type de données échangées

L'application alerte peut tolérer un taux d'erreur, dû à la transmission, plus élevé que pour le télépéage (soit 10^{-6}). L'alerte correspondra à l'émission périodique de quelques octets et pendant 3 à 5 mn.

Le système doit pouvoir transmettre les informations suivantes :

- ouverture de session,
- identifiant de la fonction actionnant la LED (diode électroluminescente) ou le buzzer d'un badge standard,
- informations sur la nature de l'incident,
- paramètre distance parcourue pour limiter la propagation de l'alerte à une zone restreinte,
- date et heure,
- identification du badge (si on prévoit un déclenchement manuel).

Suivant le niveau d'informations que l'on souhaite faire passer par cette application, il faut prévoir un volume variant entre quelques octets et quelques dizaines d'octets. Le volume de données à transmettre sera faible, du moins, inférieur à celui de l'application télépéage.

3.5.3 Les problèmes à résoudre

Les principaux problèmes à résoudre sont les suivants :

- **Vérifier que cette application ne perturbe pas le télépéage,**

L'influence de l'application alerte sur l'application télépéage fera l'objet d'une expérimentation spécifique. En effet, il est important qu'aucune interférence ne perturbe le télépéage, car le système de warning électronique s'appuiera sur les équipements du télépéage.

- **Démontrer que la portée de transmission du lien DSRC peut être adaptée aux besoins de l'application,**

La première solution pour étendre la portée consiste à augmenter la puissance d'émission. Cependant, la puissance actuellement utilisée correspond à la puissance maximum définie par la norme DSRC.

La solution retenue consiste donc à accroître la sensibilité des récepteurs, mais cette option nécessite une remise en cause du mode d'alimentation électrique du badge, car la consommation électrique sera supérieure afin de subvenir aux besoins de l'amplificateur. L'alimentation autonome devra être abandonnée au profit d'une alimentation par le circuit électrique du véhicule.

Méthodes proposées pour accroître la portée :

- Augmenter la sensibilité des badges,
- Tolérer un taux d'erreur supérieur (10^{-6} pour le télépéage)
- Alimentation électrique par le véhicule (permet d'augmenter la puissance consommée par les amplificateurs de sensibilité)

La portée du lien DSRC, pouvant être obtenue avec un récepteur optimisé est estimée actuellement entre 200 et 250 m.

Nota : Il faudra vérifier que cette portée est suffisante pour l'application.

- **Délimiter la zone d'émission de l'alerte.**

Le problème consiste à bien définir la zone où l'alerte doit être diffusée. En effet, il convient de localiser l'incident afin de ne pas propager l'information trop loin. Pour cela, et en fonction des différents modes de transmission, un paramètre de localisation (distance maximale parcourue entre la réception d'une alerte et sa réémission) doit être défini afin de ne permettre la réémission de l'alerte que sur une zone limitée.

- **Remarque :**

Les hyperfréquences procurent une émission très directionnelle. Dans le cas d'une application d'alerte, cet aspect peut engendrer des difficultés de transmission pour un véhicule en travers. La distance entre la source et le récepteur ne peut qu'amplifier ce phénomène.

3.5.4 Usage de la normalisation

TRAVIATA s'appuiera sur les normes DSRC définissant les couches 1, 2, 7 et prendra également en compte les spécifications de TIS.

La normalisation impose une puissance d'émission de 2 W maximum, ce qui limite la distance de communication. Cette difficulté sera résolue en améliorant la sensibilité des badges en mode réception.

Pour s'assurer de la parfaite adéquation avec la normalisation, le projet TRAVIATA prévoit de développer cette application en liant des relations avec les organismes de normalisation européens et internationaux (CEN, ISO).

3.5.5 Évolutivité du système

Le dispositif s'appuie sur un matériel qui devrait se généraliser pour l'application télépéage. Les badges standards permettront de recevoir un signal d'alerte (LED, Buzzer,...), mais les évolutions nécessaires pour les implémenter semblent imposer de modifier les matériels.

Néanmoins, la perspective d'un matériel unique pour plusieurs applications (télépéage, informations routières, alerte) reste une bonne orientation. Cela permettra un taux d'équipement maximum pour un moindre coût et limitera également le nombre de dispositifs embarqués.

3.5.6 Coût de l'application

Le projet TRAVIATA repose sur une liaison DSRC qui doit être améliorée en terme de distance de communication par rapport à une application standard tel que le télépéage.

Pour étendre la zone de communication, il faut améliorer la sensibilité des récepteurs. Cela impose l'utilisation d'un amplificateur, mais aussi mettre en place un très bon filtrage des signaux reçus afin de bien éliminer tous les bruits parasites ambiants.

En fonction du niveau d'équipement de l'infrastructure routière, le projet TRAVIATA doit pouvoir fonctionner d'une manière autonome ou en s'appuyant sur les autres véhicules. Ce mode de fonctionnement devrait permettre d'accroître l'impact du dispositif au-delà des infrastructures autoroutières.

Par contre, il faut prévoir un récepteur / émetteur à l'avant et un à l'arrière du véhicule. Cela influe sur le prix de l'équipement.

En conclusion, le projet TRAVIATA risque d'imposer une modification des matériels utilisés pour le télépéage.

Si cette modification est intégrée dès la conception des badges de télépéage, l'impact sur le coût sera modéré.

Dans le cas contraire, il faudra prévoir un renouvellement des matériels, donc une perte par rapport au développement initial.

Il faut savoir, que les modifications envisagées touchent le traitement des signaux hyperfréquences (amplificateur, filtre,...), avec la mise en œuvre de composants relativement coûteux en fonction des fréquences de fonctionnement.

À ce stade du projet, il est difficile de chiffrer les coûts.

4. L'usage des DSRC dans le domaine de la route intelligente

4.1 Les DSRC dans le monde

Le lien DSRC est en passe de devenir le support privilégié des systèmes de transport intelligent (ITS). Les DSRC sont donc étudiées par l'ensemble des pays ayant une démarche ITS, mais on constate des divergences entre trois grands pôles économiques.

En effet, les USA, le Japon et l'Europe travaillent sur les DSRC, mais désirent les spécifier selon leurs besoins propres.

- L'Europe possède une avance pour la spécifications des DSRC, car les couches 1, 2 et 7 sont déjà définies et approuvées au sein du Comité Européen de Normalisation (CEN) et les différentes parties sont soumises à l'ISO.

- Les USA s'appuient sur une double compétence : the American Society for Testing and Materials (ASTM) et l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Dans cette organisation, l'ASTM étudie les couches 1 et 2, tandis que l'IEEE étudie la couche 7. La Federal Communications Commission (FCC) a approuvé l'usage de la bande de fréquence des 900 MHz. Cependant, cette bande est actuellement affectée à plusieurs usages et devient trop encombrée pour pouvoir y développer les DSRC. Néanmoins, les industriels ont développé des matériels de télépéage dans cette bande, ce qui implique de rentabiliser les systèmes en place tout en assurant l'interopérabilité avec les prochaines applications de télépéage. Dans ces conditions, la bande des 5,8 GHz reste envisagée pour le futur.

Un autre problème concerne la modulation retenue et le codage des données, qui ne correspondent pas à celles du système européen.

- Le Japon s'oriente vers une forte évolution des DSRC. En effet, la couche 1 retenue en Europe ne semble pas satisfaire les différents organismes japonais chargés de ce projet, notamment au niveau de l'occupation du spectre fréquentiel utilisant une fréquence centrale (voir chapitre 2.2 -*Couche Physique*). Le mode d'accès au média retenu par les japonais diffère de celui défini par le CEN dans le sens où l'équipement fixe adresse en continu des messages aux équipements embarqués et reçoit en même temps leurs réponses sur un autre canal. Par contre les équipements embarqués utilisent la même méthode de communication que celle définie par le CEN.

Cette différence s'explique parce que le Japon désire utiliser les DSRC pour des applications demandant des volumes de données échangées assez importants et une grande flexibilité pour le futur.

	Europe	USA	Japon
Fréquence	5,8 GHz	900 MHz et 5,8 GHz dans le futur	5,8 GHz
Débits	500 kbit/s ↘ 250 kbit/s ↗	NC	1 Mbit/s ↘ et ↗
Modulation	PSK (Phase Shift Keying)	NC	ASK (Amplitude Shift Keying)
Codage	FMO ↘ NRZI ↗	NC	Manchester (dans les 2 sens)
Mode d'accès	Semi-duplex	NC	Plein débit ↘ Débit partagé entre les mobiles ↗

↗ : sens montant

↘ : sens descendant

NC : non connu

Pour conclure, les DSRC développées à travers le monde ont les mêmes objectifs que ceux poursuivis en Europe, mais les principes techniques retenus aujourd'hui ne permettent pas une interopérabilité des systèmes Européen, Américain et Japonais.

Des discussions sont en cours au sein de l'ISO (TC204-WG15), pour aller vers une convergence de la couche 7 et de la partie LLC de la couche 2. La couche 1 et la partie MAC de la couche 2 resteraient régionales.

4.2 Synthèse sur les possibilités des DSRC après examen de la normalisation européenne

4.2.1 Les principales caractéristiques des DSRC

- Volume d'échange envisageable avec la technologie DSRC.

Estimation du volume de transmission avec un mobile en déplacement à une vitesse de 200 km/h, soit 55,5 m/s.

Avec une zone de communication au sol correspondant à une tache de 4 m de long, on aura un délai de communication de 72 ms ($4/55,5 = 72 \cdot 10^{-3}$ s).

Pour une diffusion avec une liaison descendante à 500 kbit/s on aura un volume de transmission brut de : 36 kbits bruts, soit 4,5 koctets. Cela correspond à 34 fenêtres descendantes soit 4ko utile.

Attention toutefois, car ce calcul reste théorique ; en effet, la communication n'est pas uniquement unidirectionnelle et un échange entre l'équipement fixe et l'équipement mobile doit être réalisé. Il convient de déduire les temps suivants :

- Réveil de l'équipement embarqué : 200 μ s minimum (l'équipement embarqué est maintenu réveillé 100 ms au moins après avoir effectué une transmission)
- Présentation du badge (échange d'adresse, échange des données de profil...),
- Requêtes de communication,
- Transmission des données,
- Vérification des informations transmises (dans le cas de transaction).

De plus, des temps d'attente entre les différentes émissions (liens descendants et liens montants) permettent d'organiser les séquences de transmission sans risque de recouvrement des différentes sources.

Après avoir interrogé les industriels sur les échanges de données utiles envisageables, il apparaît que leurs estimations se situent entre 500 octets et 1 koctet. Pour avoir un repère, les applications actuelles nécessitent des volumes de données compris entre 100 et 200 octets.

- Plusieurs applications sont possibles sur un dispositif DSRC.

Les DSRC sont utilisables pour de multiples applications. Il est possible d'avoir en parallèle des applications différentes utilisant les mêmes balises ou non, avec des profils différents. Lorsque le mobile arrive dans le champ d'une balise, il doit d'abord échanger les types de profils et les paramètres variables afin de communiquer avec les mêmes caractéristiques.

Si plusieurs applications cohabitent sur la même balise, il faudra donc émettre les indications de profils avant chaque transmission de données. La durée de cette séquence devra être évaluée précisément car elle est susceptible de détériorer les capacités de transmission.

De plus, pour avoir plusieurs applications simultanées sur une même balise, il faut utiliser la fonction de multiplexage, qui n'est pas exploitée pour l'instant.

La mise en œuvre d'un produit conçu pour supporter plusieurs applications sera un facteur d'augmentation des coûts des matériels aujourd'hui proposés.

- Que peut transporter un lien DSRC ?

Une trame DSRC est capable de transporter tout type de données. En fait, le contenu est transparent pour la communication dédiée à courte distance qui encapsule les données.

- Organisation de la transmission

Cas général - Initiation d'une liaison entre un badge et une balise

Equipement fixe (balise)		Equipement mobile (badge)	Temps
		Le badge est en veille mais entend le message de la balise	200 μ s
La balise diffuse (broadcast) à intervalle régulier les informations de sa table de service (BST) avec les paramètres (profil, variables, applications disponibles), puis libère une fenêtre publique montante	↘		2,112 ms
	↗	Le badge génère un nouveau lien d'adressage (s'il n'est pas déjà enregistré auprès de la balise). Il y a 3 fenêtres publiques maxi remontantes	1,5 ms = 160 μ s + 3x448 μ s + 10 μ s
La balise diffuse (broadcast) à intervalle régulier les informations de sa table de service (BST) avec les paramètres (profil, variables, applications disponibles), puis libère une fenêtre publique montante	↘		2,112 ms
	↗	Si l'application gérée par l'équipement fixe correspond avec une application embarquée, le badge prépare une réponse contenant sa table de service (VST), mais comme elle est trop longue pour contenir dans la fenêtre publique, il demande une fenêtre privée.	1,5 ms
La balise accepte de mettre à disposition une fenêtre privée	↘		2,112 ms
	↗	Le badge envoie sa VST.	4,256 ms
A partir de cet instant, l'équipement fixe peut assurer la transmission des données propres à l'application	↘		2,112 ms
	↗	Envoi des informations vers l'infrastructure	4,256 ms
Envoi des informations vers l'équipement embarqué	↘		2,112 ms
	...		
Indiquer la fin de la transmission	↖	Indiquer la fin de la transmission,	
	↗	vérification des transactions...	

Dans cette configuration, on peut estimer les volumes transmis à 1 koctets utile dans chaque sens, pour une vitesse maximum de 200 km/h.

Ce calcul reste théorique, et ne prend pas en compte d'éventuelles erreurs qui pourraient réduire les volumes échangés en raison de la réémission des trames erronées.

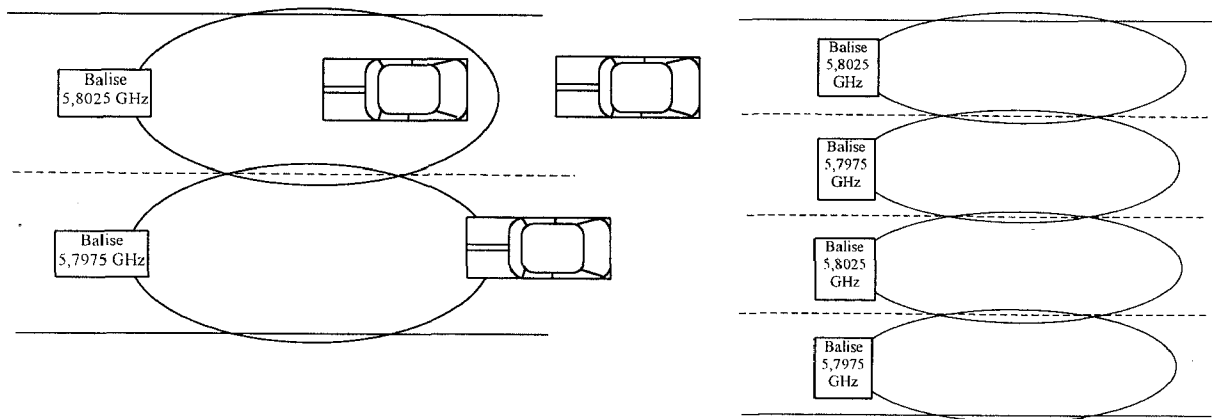
- Que ce passe-t-il lorsque plusieurs badges sont présents sous une balise

Les capacités de transmission des DSRC sont également un facteur limitant, car en fonction de la vitesse de déplacement des mobiles, il sera difficile de dépasser un volume d'échange de l'ordre de 1 koctet. De plus, dans le cas où plusieurs badges sont présents et doivent effectuer une communication, il faut diviser le temps de transmission par le nombre de badges, donc le volume de données.

Une balise peut autoriser une fenêtre montante publique ouverte pour un maximum de trois badges en même temps.

Par contre, il est possible de placer plusieurs balises sur un axe routier afin de couvrir toutes les voies. Ces balises fonctionnent sur des fréquences différentes cela permet de résoudre les problèmes de multi-communications frontales. Par contre, il reste à résoudre les problèmes de multi-communications sur chaque file c'est à dire pour les véhicules qui se suivent.

⇒ Les distances inter-véhicule devraient permettre de s'affranchir de ce problème.



Nota : pour diffuser de l'information dans le sens descendant (équipement fixe vers équipements embarqués) une balise est suffisante (sous réserve qu'elle puisse couvrir toute la chaussée) avec un mode d'adressage broadcast ou multicast.

- L'alimentation des badges.

Des problèmes liés à la ressource énergétique sont également à prendre en compte, car si pour le télépéage, le badge est maintenu en veille puis activé par l'émission d'une balise, l'accumulateur risque de ne plus suffire si cette opération est réalisée trop souvent, il faudra donc trouver une autre source d'alimentation. Un branchement sur la batterie du véhicule sera alors nécessaire, mais cela entraînera des problèmes de parasite mais aussi de câblage.

- Les périphériques nécessaires pour réaliser l'interface homme-machine.

Pour réaliser la liaison homme-machine il faudra mettre en œuvre une sortie afin de connecter un afficheur ou autre système de synthèse vocale. Ce type de sortie existe sur tous les appareils (même si elle est parfois cachée dans le boîtier) mais aucune ne fonctionne avec les mêmes caractéristiques : il faudra donc normaliser ces sorties ainsi que les données utilisées par les périphériques.

Actuellement, les systèmes de télépéage sont uniquement dédiés à cette fonction, et les expérimentations comme AIDA ne font que de l'information. L'interopérabilité de plusieurs applications sur le même matériel est donc à expérimenter.

- Le télépéage multivoies est actuellement faisable, bien que non utilisé en France, mais les algorithmes qu'il utilise ne sont pas référencés dans la norme. Donc il s'agit de développements mis au point par les industriels, qui ne souhaitent pas communiquer leur principe de fonctionnement. Cela limite donc l'interopérabilité de ce mode d'usage des DSRC à moins qu'une action de normalisation n'harmonise cette fonction.

- Les difficultés entrevues

Les transmissions DSRC ne permettent pas d'identifier physiquement un mobile. Ce facteur sera un problème majeur pour les applications de télépéage pleine voie, car le gestionnaire ne pourra pas dissocier un véhicule qui n'a pas acquitté son péage au milieu d'un flot de véhicules qui l'auront acquitté.

Nota : à priori, les industriels ont des réponses à ce problème mais les gardent confidentielles.

4.2.2 Les applications envisageables

Les DSRC peuvent supporter plusieurs applications qui sont aujourd'hui bien identifiées, mais fonctionnent encore de manière indépendante. Cependant, les DSRC pourront être demain le support d'applications nouvelles.

Parmi les applications auxquelles les DSRC peuvent répondre, on peut citer :

- Transactions financières électroniques (télépéage).

Le télépéage est l'application qui est aujourd'hui la plus avancée. Les spécifications TIS garantissent une harmonisation de la fonction télépéage de tous les autoroutiers français et de sa mise en place programmée pour l'an 2000. Les DSRC ont été développées pour répondre en premier lieu à ce besoin.

- L'appel d'urgence.

L'application appel d'urgence ne peut pas être supportée par les DSRC, car ils ne permettent pas de transmettre la voix. Par contre, il est possible d'apporter une assistance à l'appel d'urgence, en faisant parvenir à l'utilisateur un numéro de téléphone à appeler à partir d'un radiotéléphone (peloton de gendarmerie ou autres services de secours appropriés sur la section) (cf. AIDA).

- Alerte des usagers arrivant en amont d'un incident (prévention des collisions).

☞ Avec intervention du gestionnaire d'infrastructure.

Après avoir repéré un incident de circulation susceptible de générer un risque d'accident pour les autres usagers, un gestionnaire d'infrastructure dispose de plusieurs moyens de diffusion pour informer les autres usagers : 107.7 FM, PMV, balises flash. Les DSRC sont un moyen supplémentaire et permettent de limiter la zone d'information d'une manière très précise afin de n'alerter que les usagers concernés. Pour cela, l'implantation des balises DSRC doit être suffisamment dense.

☞ Sans intervention du gestionnaire d'infrastructure. Alerte d'urgence et sécurité individuelle avec l'utilisation d'un warning électronique.

Les DSRC permettent d'établir une communication directe entre véhicule ou via l'infrastructure pour jouer le rôle de warning électronique. La faisabilité de ce concept reste à prouver.

La distance de communication est insuffisante avec des badges standards. Il faudra prévoir d'augmenter la sensibilité des récepteurs afin d'en améliorer la portée. De plus, un émetteur à l'arrière du véhicule est nécessaire pour émettre un message à l'attention des véhicules qui suivent et un récepteur à l'avant reste indispensable pour recevoir l'information.

Pour certaines situations (ex, VL en tête à queue) la communication pourrait être trop directionnelle pour être réellement efficace.

Le projet TRAVIATA permettra de mieux apprécier la faisabilité d'utiliser les DSRC pour cette application.

- La collecte d'informations de trafic.
Les véhicules sont confrontés aux contraintes de circulation et peuvent devenir une source d'information sur l'état du trafic. A partir des véhicules, il est possible de calculer les temps de parcours entre deux balises.
- La collecte d'informations événementielles.
Il est également possible de remonter des informations directement liées aux véhicules comme les conditions météo ou des situations anormales (fort ralentissement, déclenchement d'ABS, d'air bag, ...).
- L'information routière dynamique.
Ce type d'information est directement liée aux deux points précédents. Il s'agit de redistribuer les données collectées afin de mieux gérer le trafic routier et anticiper les congestions ou autres perturbations.
- La navigation et le guidage routier.
Les DSRC pourront supporter un service de guidage routier défini dans les pré-normes XP ENV 12315-1 & 12315-2. Voir paragraphe 2.6- *Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance.*
- Les services d'informations particulières sur le voyage (tourisme, culture, assistance, ...).
Au vu des volumes nécessaires pour réaliser un service complet, il faut prévoir un système de bornes de chargement spécialisées pour véhicule à l'arrêt dans les aires de repos ou tout autre lieu susceptible d'apporter un intérêt aux usagers.
Ex. : information sur les services ou sur les attraits d'une commune, informations culturelles sur un site géographique...
- L'information et l'aide au déplacements des voyageurs.
A l'entrée des villes, il est envisageable de fournir aux usagers automobilistes des informations sur les conditions de circulations, la disponibilité des places de parking et de les inciter à utiliser les transports en commun.
Les DSRC peuvent être une aide pour réorganiser les transports en zone urbaine en proposant des solutions alternatives et confortables (bonne information sur les trajets, précision des horaires...).
- Les carrefours intelligents.
Les DSRC peuvent être utilisées pour des applications dans les transports en commun pour gérer la priorité des bus (ou autres véhicules d'urgence) aux feux tricolores. Cette application existe déjà, mais l'usage des DSRC permettrait de bénéficier d'une technologie normée offrant un choix entre plusieurs constructeurs et plusieurs matériels.
- Autres services à inventer.
Les services télématiques routiers vont continuer à s'étoffer et de nouvelles applications encore inexplorées devraient apparaître. Les services en ligne en feront certainement partie avec la consultation de bases de données de toute nature. Dans cette hypothèse, les DSRC pourraient devenir un des médias d'accès.

4.23 Les conséquences sur l'infrastructure

Les conséquences sur l'infrastructure sont multiples. En effet, le développement de services fonctionnant sur les DSRC impose d'équiper les axes routiers d'un réseau de balises dont la densité dépend de l'application visée. Certaines applications doivent reposer sur un équipement relativement dense : à titre d'exemple, l'application AIDA met en œuvre un point de transmission (balises) tous les 10 km.

Cette inter-distance entre les balises est correcte pour réaliser, par exemple, une alerte à l'attention des véhicules se trouvant à 5 mn pour un incident routier (un peu moins de 10 km à une vitesse de 130 km/h).

De plus, il faut prévoir une balise par voie de circulation avec le portique pour les installer ou utiliser les ouvrages existants (ex. : passages supérieurs).

Pour interconnecter tous les éléments du système, il faut prévoir un réseau de transmission. Ce réseau est déjà implanté sur les axes autoroutiers mais sera difficilement généralisable sur les autres infrastructures routières. Cela diminue d'autant l'usage des DSRC sur les routes nationales ou départementales, sauf à utiliser un mode de transmission hertzien.

Les DSRC peuvent également fonctionner sur un mode coopératif entre véhicules. Cependant, les caractéristiques du média limitent cet usage à quelques situations très particulières comme l'alerte sur incident des véhicules suivants.

Certains sites particulier pourraient bénéficier de balises isolées physiquement repérables afin que les véhicules puissent venir interroger différents services. Ces balises (bornes de téléchargement d'information), alimentées par un poste de gestion lui-même connecté à de nombreux serveurs donneraient accès à des services en ligne.

Certaines bornes spécialisées pour un usage bien défini (information sur un site ex. : belvédère ou autres sites remarquables) pourraient être autonomes. Cela impliquerait un chargement d'information préalable lors de installation sur site avec mise à jour périodique et un raccordement électrique (ou une alimentation électrique par batteries et panneaux solaire).

Dans tous les cas, les DSRC imposent d'équiper des véhicules de badge et de réaliser une interopérabilité absolue des matériels. Toutes ces contraintes sont autant de limites d'extension de ce système, mais si une application comme le télépéage s'impose auprès des usagers de la route, il est acquis que cet équipement pourrait être élargi à d'autres services.

4.3 Les coûts

Les coûts sont toujours des éléments très difficiles à appréhender surtout pour des technologies récentes telles que les DSRC (dont la version définitive date de 1997).

Par ailleurs, on peut penser que la généralisation des matériels (badges et balises) ainsi qu'une multiplication des applications supportées par les DSRC, entraîneront une baisse des coûts.

Néanmoins, quelques éléments issus de systèmes déjà en place permettent de chiffrer une estimation des différents éléments constituant une application basée sur les DSRC.

étude/conception :		NC
Coût d'une balise (équipement fixe) :		60 à 70 kF
installation par balise :		15 à 20 kF
réseau de transmission (hors génie civil)	fibres optiques	20 F/ml (36 fibres)
	coupleur optique/optique	25 kF
	coupleur optique/électrique	50 kF
	Matériel d'extrémité	NC
portique (armoire de commande + portique)		180 kF
installation portique (armoire + balises)		11 kF
Mise en service globale		580 kF

coûts HT

NC : Non connu

4.4 Les principaux industriels du domaine

Cegelec / CGA

Département gestion des transports public
B.P. 57
91 229 Brétigny-Sur-Orge Cedex
Tél. : 01 69 88 57 59

Ascom Elsydel

63 boulevard Bessières
75 017 Paris
Tél. : 01 42 26 82 47

Bosch Telecom

Paul-Gerhardt- Allee 48-50 ; 81245 München,
P.O. Box 60 70 54
81207 München F.R.G.
Tel : 49-89896990

Thomson-CFS

160 boulevard de Valmy
B.P. 82
92 704 Colombes Cedex
Tél. : 01 41 30 30 00

CS Route

8 Avenue du 1^{er} Mai
91 873 Palaiseau Cedex
tél. : 01 69 19 77 00

Mitsubishi Heavy Industries

Head Office : 5-1
arunouchi 2-chrome
Chiyoda-ku
Tokyo - Japan
Tél. : 813 3212 9615

Cette liste non exhaustive regroupe les industriels les plus présents sur le marché.

5. Conclusion / Récapitulatif

Bien que d'autres médias de communication soient disponibles pour les applications télématiques, les liaisons dédiées à courte distance - encore appelées DSRC, « *Dedicated Short Range Communication* » - occupent une place privilégiée parce qu'elles répondent aux exigences du télépéage, qui impose rapidité et sécurité dans les transmissions.

La plupart des systèmes de télépéage actuellement en exploitation utilisent une liaison hyperfréquence à 2,45 GHz tandis que d'autres fonctionnent à 5,8 GHz. Mais tous ont été développés avant la publication des récentes normes européennes (à 5,8 GHz) et ne respectent donc pas ces normes. C'est la mise en œuvre du Télépéage Inter-Sociétés (TIS) qui rendra tous ces systèmesinteropérables, tout en respectant la normalisation des liaisons dédiées à courte distance.

Outre le télépéage, quelques applications expérimentales utilisent les DSRC conformes aux normes, mais la capacité des DSRC à supporter plusieurs applications simultanées reste à évaluer.

Le déploiement des liaisons dédiées à courte distance va dépendre de plusieurs facteurs.

Toute application utilisant des liaisons dédiées à courte distance (hormis l'alerte en mode véhicule à véhicule) repose sur un ensemble constitué d'un réseau de communication, d'un centre de gestion et de balises implantées en grand nombre sur l'infrastructure routière. La rentabilité de ces investissements dépendra du nombre de clients/usagers. Si le télépéage se développe comme on peut s'y attendre, la portabilité des matériels DSRC supportant le télépéage vers d'autres applications sera primordiale. Mais il n'est pas certain que le télépéage soit en mesure de générer un parc d'équipements embarqués suffisant pour fournir la clientèle potentielle nécessaire à la viabilité économique de nouveaux services. Des études de marché et de rentabilité sont à mener afin de mesurer l'intérêt des usagers pour de nouveaux services de télématique routière, en fonction des conditions commerciales d'accès à ces services.

Par ailleurs, les liaisons dédiées à courte distance ont des caractéristiques qui limitent leur utilisation, en particulier la distance de communication et surtout le volume de données transmissibles en un temps donné. Les DSRC autorisent un débit prédéfini relativement important (500 kbit/s dans le sens descendant et 250 kbit/s dans le sens montant). Cependant, pour des applications où le véhicule est en mouvement, le volume de données effectivement transmissibles sera fonction de la taille de la zone de transmission et de la vitesse de déplacement du mobile. Les volumes de données nécessaires à de nouvelles applications devront donc être évalués et comparés aux possibilités des DSRC.

Pour les échanges de données avec des mobiles en mouvement, il reste également concevable de doter les véhicules de plusieurs médias embarqués. Les usages de chacun pourraient être fonction de la nature du service et/ou de la disponibilité des infrastructures.

Parallèlement aux applications dynamiques des liaisons dédiées à courte distance, certains services pourraient être accessibles seulement à l'arrêt, avec des fonctions télématiques plus lourdes. Cela pourraient se traduire par l'installation de bornes DSRC de différents types :

- des bornes touristiques implantées sur des sites remarquables,
- des bornes d'informations urbaines (sur les services de la ville, les conseils de déplacement, etc.)
- des bornes de téléchargement d'information pour se connecter à des serveurs en ligne (Internet, annuaire électronique, serveurs administratifs, etc.)

Les communications dédiées à courte distance sont aujourd'hui stabilisées d'un point de vue normatif et représentent un média utilisable dans l'ensemble des pays européens. Bien que le sigle DSRC soit souvent associé au 5,8 GHz, cette fréquence n'est qu'un aspect des caractéristiques des liaisons dédiées à courte distance. En effet, on voit émerger dans le monde des liaisons dédiées à courte distance trois pôles qui présentent des divergences notables : l'Europe, l'Amérique et l'Asie ont adopté la fréquence de 5,8 GHz, mais la méthode d'accès au média, la modulation et le codage ne sont pas compatibles. Pour les industriels, ces disparités se traduisent par des produits différents et de plus grandes difficultés à exporter leurs technologies. Au niveau mondial, l'ISO s'oriente vers la normalisation de la couche 7 (application), tandis que les couches 1 et 2 (physique et liaison de données) resteraient "régionales".

L'avenir des liaisons dédiées à courte distance est aujourd'hui assuré pour quelques applications, mais leur utilisation comme support généraliste reste encore hypothétique. Cependant, l'effet moteur de ces applications qui montent en puissance et la demande de services télématiques embarqués qui semble croître laissent entrevoir des perspectives prometteuses pour cette technologie.

6. Glossaire

AIDA	Application pour l'Information Des Autoroutes
ASFA	Association des Sociétés d'Autoroutes Françaises
BST	Beacom Service Table
CEN	Comité Européen de Normalisation
CEPT	Conférence Européenne des Postes et Télécommunications
DEW	DSRC for Emergency Warning
DSRC	Dedicated Short Range Communication
EEPROM	Electrically Erasable and Programmable Memory
FCS	Frame Check Sequence
FMO	Frequency Modulation for zero
GSM	Global System for Mobile communication
ISO	International Standardisation Organisation
LED	Light Emitting Diode
LLC	Logic Link Control
LPDU	Layer Protocol Data Unit
LSPU	Link Service Data Unit
MAC	Medium Access Control
NRZI	Non Retour à Zéro Indirect
OSI	Open System Interconnection
PAU	Poste d'Appel d'Urgence
PMV	Panneau à Messages Variables
RAM	Random Access Memory
RTTT	Road Transport and Traffic Telematics
SAP	Service Access point
SAPRR	Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône
TC	Technical Committee
TDMA	Time Division Multiple Access (Accès par division temporelle asynchrone)
TIS	Télépéage Inter-Sociétés
TRAVIATA	TRansmission d'Alarmes entre Véhicules Automobiles par Technologies télépéAge
TTI	Traffic and Traveller Information
VST	Vehicle Service Table

7. Bibliographie

- [1] Norme expérimentale ENV 12253 Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC)- Physical Layer using Microwave at 5.8 GHz
Ratifiée par le CEN le 7 septembre 1997
- [2] Norme expérimentale ENV 12795 Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC)- DSRC Data Link Layer : Medium Access and Logical Link Control - Ratifiée par le CEN le 25 juillet 1997
- [3] Norme expérimentale ENV 12834 Road Transport and Traffic Telematics (RTTT) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC)- Application Layer - Ratifiée par le CEN le 10 octobre 1997
- [4] Prénorme européenne prENV ISO 15625 (Profils DSRC pour des applications de trafic routier et télématique des transports) - Mai 1997
- [5] Norme expérimentale XP ENV 12315-1 (Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance - partie 1 : spécifications des données pour la direction descendante) - Mars 1997
- [6] Norme expérimentale XP ENV 12315-2 (Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance - partie 2 : spécifications des données pour la direction ascendante) - Mars 1997
- [7] Actes du congrès : Intelligent Transport Systems - Berlin - 1997
- [8] Télépéage Inter-Sociétés - Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes (ASFA) - Dossier de spécifications d'interopérabilité - Novembre 1996
- [9] AIDA - Rapport d'avancement au 31/11/97 - Version A - Référence : CSR/DT/VR/7133756/vr
- [10] Télématique routière et normalisation - SETRA/BNEVT - juin 1996 - ISBN : 2 11 085785 4
- [11] ITS International - Revue bimestrielle
- [12] Traffic Technology - Revue bimestrielle
- [13] TEC (Transport Environnement Circulation) - Revue bimestrielle
- [14] Note de l'ATEC - Sous comité ATEC utilisation de la transmission télépéage pour d'autres services - avril 1997

Ressources - Sites Internet :

http://www.comnets.rwth-aachen.de/~cw/paper_final.html : Performance Evaluation of Short-Range Communication Links for Road Transport & Traffic Telematics

<http://www.comnets.rwth-aachen.de/~vasco/sites/index3.html> (VASCO ; site de St Quentin)

<http://www.comnets.rwth-aachen.de/~vasco/home.html> (présentation de VASCO)

http://www.tcc.thomson-csf.com/our_act/index_f.htm (Thomson-CSF)

8. Annexes

ANNEXE A :

Article paru dans le Spécial télématique de déplacements (n°7) de Trans Flash n° 227 (mars 1998).

Les normes de communication sol-véhicule à courte portée : une nécessaire validation

Les pré-normes de communication sol-véhicule à 5,8 GHz définies par le CEN (Comité Européen de Normalisation) et votées à l'été 1997 font actuellement l'objet d'une validation poussée, tant sur le plan théorique qu'à travers des essais terrain, dans le cadre du projet VASCO (VALidation of Short range Communications) piloté par la DGXIII de la commission européenne. Les premiers résultats sont très positifs.

Les communications sol-véhicule à courte distance par micro-ondes 5,8 GHz, dites DSRC (Dedicated Short Range Communications), qui offrent des zones de communication de l'ordre de 10 mètres de long, sont le vecteur privilégié de nombreuses applications de télématique routière émergentes ou déjà opérationnelles mais utilisant d'autres vecteurs : télépéage bien sûr, mais aussi information trafic, alerte, voire téléchargement de fichiers longs dans le cas de véhicules à l'arrêt (dépôts de bus ou stations service).

Au début des années 1990, le CEN a donc décidé de fédérer les initiatives industrielles alors en cours en Europe, en normalisant le lien de communication 5.8 GHz ; les industriels européens ont pratiquement tous participé activement à l'élaboration de ces normes, la France étant représentée par CEGELEC, CS Route et THOMSON, ainsi qu'ISIS, mandaté par les sociétés concessionnaires d'autoroutes à péage.

Fiable, mais compliqué...

Les travaux ont convergé vers une architecture de communication dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- **architecture strictement conforme** - c'est assez rare - **au modèle en couches dit OSI (Open System Interconnection)**, gage de fiabilité, d'aptitude à l'évolution, et de flexibilité en termes de services
- couche 1 (lien physique) : débit sol > véhicule 500 kbits/s, véhicule > sol 250 kbits/s
- couche 2 (lien logique) : correction d'erreurs, gestion d'une liaison point-multipoints (pour le télépéage multivoies par exemple)
- couche 7 : initialisation de la session, noyau de transmission, possibilité de multi-applications, support de l'interface application (Application Programming Interface, contenant structure de données et fonctions de manipulation) qui est déjà définie pour le cas du télépéage mais pas encore approuvée.

☞ **revers de la médaille** : une certaine complexité, légitimant le besoin d'une validation approfondie avant le lancement en grandes séries des équipements industriels et l'adoption par les opérateurs

Validation attendue

Les trois raisons majeures qui ont présidé à la mise en place du programme de validation VASCO sont :

- **besoin technique** : les normes sont complexes, leur mise en oeuvre implique des investissements industriels élevés surtout dans les équipements embarqués, et il est donc vital de s'assurer de leur cohérence et de leur performance avant le vote définitif
- **besoin opérationnel** nécessité d'un accord technique sans ambiguïté pour assurer la parfaite compatibilité des équipements, conditions nécessaires de la future interopérabilité des services.

- **besoin politique** : comme dans tout processus de normalisation, il y a eu quelques discordes entre pays Européens ; une validation avec essais terrain est le meilleur moyen de trouver si besoin est un compromis entre partenaires pour un amendement concerté des normes

VASCO

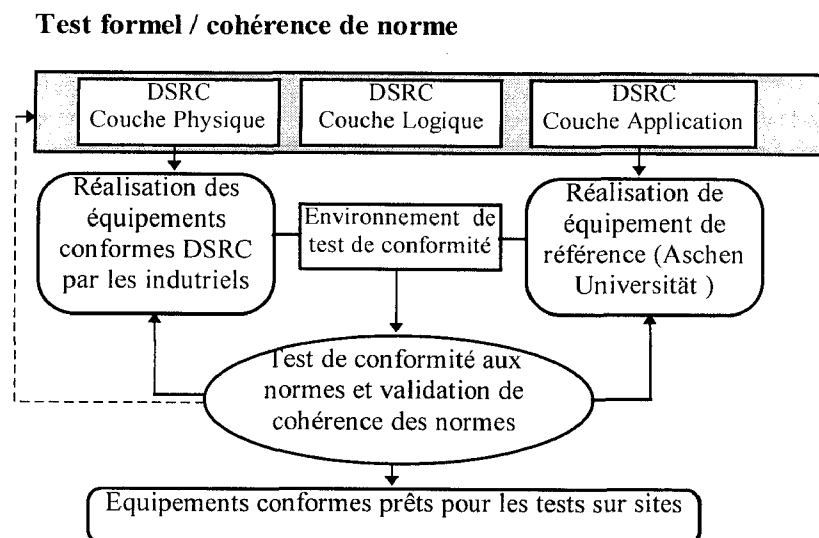
VASCO est conduit par un consortium comprenant l'université d'Aix la Chapelle, les grands industriels Européens, et des évaluateurs indépendants (CMG en Hollande, ISIS en France, TÜV en Allemagne).

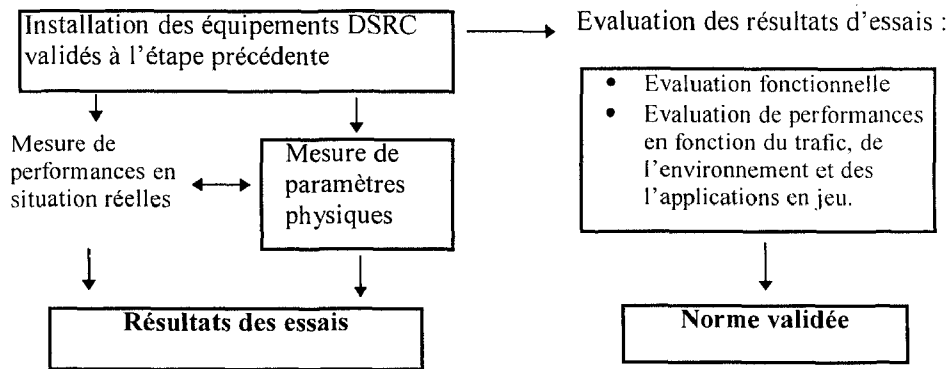
La philosophie retenue est la suivante :

- **les normes sont d'abord validées d'un point de vue formel**, afin de déterminer si elles sont sujettes ou non à corrections ; ceci est réalisé par dialogue entre un équipement de référence (station de travail contenant le logiciel exhaustif des trois couches de communication), et les badges de chaque industriel participant. La multiplicité des implémentations indépendantes assure une excellente couverture de l'exactitude et de la non-ambiguïté des normes.
- **une fois les équipements embarqués ainsi validés, ils sont mis en oeuvre sur des sites réels** (Allemagne, France, Norvège) et leur comportement est testé dans des scénarios applicatifs réalistes (télépéage et info trafic). Cette validation produit également des résultats en termes de performances : en effet, le comportement du lien de communication est évalué dans un environnement réaliste en termes de :
 - **volume de données** transférées (qq. centaines d'octet pour le télépéage)
 - **type de véhicules** (VL, PL, motos)
 - **conditions de trafic** (congestion, haute vitesse, changement de voie...)
 - **environnement** (météo, perturbations radio, etc.)

Les paramètres clés pour l'évaluation sont : le temps de transaction, le nombre d'erreurs de transmission, le nombre de transactions erronées ou non réalisées.

Les schémas ci-dessous résument le principe de cette double évaluation :





Premiers résultats très encourageants...

A la date de rédaction de cet article, les essais de validation formelle sont terminés et les essais sur site sont en cours. Sans préjuger du résultat final des évaluations, les premières indications dont nous disposons sont les suivantes :

- **validation formelle** : aucune erreur ou inconsistance n'a pu être décelée dans les normes elles-mêmes ; tous les problèmes rencontrés étaient le fruit d'erreurs d'implémentation ou d'interprétation des textes, et ont pu être corrigés sans difficulté.
- **validation sur site** : aucune transaction erronée, ce qui confirme la fiabilité de la structure de communication ; quelques transactions perdues, soit dans des conditions limites (conduite à 50 cm de distance longitudinale à 50 km/h), soit en raison d'imperfection des équipements, qui ont toutes pu être corrigées. Aucun problème n'a pu être décelé à très haute vitesse, et de façon générale, les taux d'échec restent suffisamment bas pour ne pas pénaliser l'exploitant et garantir confort et fiabilité à l'usager.

Le futur

Après la fin des évaluations, VASCO pourra proposer des modifications aux normes (ce qui est aujourd'hui peu vraisemblable) ou faire des recommandations de travaux complémentaires.

Deux famille de tests restent à réaliser : un essai d'interopérabilité entre équipements d'industriels différents, et une évaluation du lien DSRC comme composant d'un système de télépéage complet, avec classification automatique et prise de vue numérique pour la répression des fraudes. C'est l'objet du programme successeur de VASCO, A1, qui a débuté en mars 1998.

Contact : Bernard Lamy - ISIS

✉ : BLAMY@compuserve.com - ☎ : 01 30 48 49 15 - 📠 : 01 30 48 45 30

ANNEXE B : Contacts

M. Martial CHREVREUIL

M. GRAVRAN

ISIS

3 Rue des Cuirassiers

69003 Lyon

M. Philippe HAMET (directeur technique)

ISIS

11 Avenue du Centre

78286 Guyancourt Cedex

M. VALADE

M. Olivier CLAIR

Renault - Direction de la recherche

9-11 avenue du 18 juin 1940

92500 Rueil Malmaison

M. LAURENS

M. Serge BUENO

CGA - Département gestion des transports public

B.P. 57

91229 Brétigny-Sur-Orge Cedex

M. BURDEAU (directeur)

M. Claude BIDAUD

ASFA

3 rue Edmond Valentin

75007 Paris

M. Jean-Jacques GIRARD

Mme Francine CHAN

M. GIRAUDO

THOMSON-CFS

160 boulevard de Valmy

BP 82

92704 Colombes Cedex

Mme Françoise DECALF

SAPRR - Direction Régionale d'Exploitation Rhône-Rhin

Gare de péage de Genay

B.P. 25

69726 Genay Cedex

M. Alain REME

CETE Lyon

25 avenue François Mitterrand

Case n°1

69674 Bron Cedex

© Ministère de l'Équipement, des Transports, et du Logement
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Reprographie : CETE de Lyon ☎ 04 72 14 30 30
Achévé d'imprimer: juillet 1998
Dépôt légal: 4^e trimestre 1998
ISSN: 1263-2570
ISRN Certu RE 98-11

CERTU
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon Cedex 06
☎ 04 72 74 59 71

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du CERTU est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles
425 et suivants du code pénal.

