



**HAL**  
open science

# Télématique et sécurité routière : les dispositifs d'appel et d'alerte

Claude Chanut, Sylvie Chambon

## ► To cite this version:

Claude Chanut, Sylvie Chambon. Télématique et sécurité routière : les dispositifs d'appel et d'alerte. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 1997, 36 p., figures, tableaux, 13 références bibliographiques. hal-02150526

**HAL Id: hal-02150526**

**<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150526>**

Submitted on 7 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.

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

## **Télématique et sécurité routière**

Les dispositifs d'appel et d'alerte

### **Rédacteur et coordonateur**

Claude CHANET (Département Technologies)

Sylvie CHAMBON (Département Technologies)

juillet 1997

**NOTICE ANALYTIQUE**

<b>Organisme commanditaire :</b>			
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			
<b>Titre :</b>			
<b>Télématique et sécurité routière</b>			
<b>Sous-titre :</b>		<b>Langue :</b> Français	
Les dispositifs d'appel et d'alerte			
<b>Organisme auteur</b>	<b>Rédacteur et coordonateur</b>	<b>Date d'achèvement</b>	
<b>CERTU</b> : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques	Claude CHANET (Département Technologies) Sylvie CHAMBON (Département Technologies)	juillet 1997	
<b>Remarques préliminaires :</b>			
<p>Ce document présente les technologies de communication et de localisation susceptibles de répondre aux besoins d'améliorer la gestion des incidents routiers, avec les composantes : recueil des appels d'urgence et alerte des usagers amont.</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>			
<b>Résumé :</b>			
<p>La sécurité routière est un enjeu majeur pour l'ensemble des acteurs du domaine. Une voie d'amélioration de la sécurité passe par une optimisation de la gestion des appels d'urgence et une meilleure information en direction des usagers de la route.</p> <p>Ce document présente l'ensemble des technologies disponibles ou émergentes, permettant la transmission de la voix ou des données, ainsi que celles destinées à localiser un mobile terrestre.</p> <p>Dans un second temps, ces technologies sont confrontées aux fonctions nécessaires aux appels d'urgence et à l'alerte, afin d'isoler celles correspondant le mieux aux besoins. Ce travail a pour objectif d'aider à sélectionner, la ou les technologies les plus performantes, afin de déterminer celles qui pourraient supporter un déploiement opérationnel.</p>			
<b>Mots clés :</b>		<b>Diffusion :</b>	
Appels d'urgence, alerte, transmission, sans-fil, localisation.		DSCR, SETRA, INRETS, CERTU, LCPC	
<b>Nombre de pages :</b>	<b>Prix :</b>	<b>Confidentialité :</b>	<b>Bibliographie :</b>
36 pages	Gratuit	Non	Voir document

# Sommaire

<b>1. PRÉSENTATION.....</b>	<b>5</b>
1.1 AVANT PROPOS.....	5
1.2 LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE ET ORGANISATION DU DOCUMENT.....	5
1.3 LES DISPOSITIFS ACTUELS ; ÉTAT DES LIEUX.....	5
1.3.1 <i>Les fonctions nécessaires pour gérer les appels de détresse</i> .....	6
1.3.2 <i>Aperçu des dispositifs déployés aux USA et en Europe</i> .....	7
<b>2. DESCRIPTION DES TECHNOLOGIES À DISPOSITION.....</b>	<b>8</b>
2.1 LE GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS).....	8
2.1.1 <i>Généralités</i> .....	8
2.1.2 <i>Principe de fonctionnement des réseaux GSM</i> .....	8
2.1.3 <i>Les différentes possibilités de localisation d'un radiotéléphone par le réseau GSM</i> .....	13
2.2 LOCALISATION PAR RADIOGONIOMÉTRIE.....	15
2.3 RADIOLOCALISATION DE MOBILES ; SERVICE MOBILOC.....	15
2.4 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) OU LA LOCALISATION PAR SATELLITES.....	17
2.5 LES COMMUNICATIONS DÉDIÉES À COURTE PORTÉE (DSRC).....	18
2.5.1 <i>Présentation et point sur la normalisation</i> .....	18
2.5.2 <i>Le télépéage : présentation et principes</i> .....	19
2.6 LE WARNING ÉLECTRONIQUE.....	19
2.7 UTILISATION DE BALISES RADIO SUR LES POSTES D'APPEL D'URGENCE.....	20
2.7.1 <i>Généralités</i> .....	20
2.7.2 <i>Principe de fonctionnement</i> .....	21
2.8 LE RADIO DATA SYSTEM (RDS).....	21
2.9 LE RÉSEAU RADIOTÉLÉPHONIQUE DU METL.....	21
2.10 LA RADIOMESSAGERIE.....	23
2.11 LA FM SYNCHRONE.....	23
2.12 LA SURÉMISSION RADIO.....	24
2.13 LA CITIZEN BAND.....	25
<b>3. LES APPORTS DE CES TECHNOLOGIES POUR LES DIFFÉRENTES FONCTIONS.....</b>	<b>26</b>
3.1 LA FONCTION TRANSMISSION.....	26
3.1.1 <i>Transmission d'un appel d'urgence à l'aide d'un radiotéléphone GSM</i> .....	26
3.1.2 <i>Les DSRC utilisées pour la transmission d'appel d'urgence</i> .....	27
3.1.3 <i>Transmission d'un appel d'urgence par l'intermédiaire d'un poste d'appel d'urgence (PAU) équipé de balise radio</i> .....	27
3.1.4 <i>Les réseaux radio privés, notamment de celui du METL</i> .....	27
3.1.5 <i>La Citizen Band</i> .....	27
3.2 LA FONCTION LOCALISATION.....	27
3.2.1 <i>Les capacités de localisation à partir du réseau GSM</i> .....	27
3.2.2 <i>Utilisation du service MOBILOC pour localiser un appel d'urgence</i> .....	28
3.2.3 <i>Application du GPS pour la localisation d'un mobile lors d'un appel d'urgence</i> .....	28
3.2.4 <i>Les apports des DSRC pour la localisation d'un mobile</i> .....	29
3.2.5 <i>Localisation d'un mobile par l'intermédiaire des postes d'appel d'urgence</i> .....	29
3.3 LA FONCTION GESTION DES APPELS.....	29
3.4 LA FONCTION ALERTE / INFORMATIONS AUX USAGERS.....	29
3.4.1 <i>Diffusion d'informations aux usagers par GSM</i> .....	29
3.4.2 <i>Diffusion d'informations aux usagers sur un lien à courte portée (DSRC)</i> .....	29
3.4.3 <i>Le warning électronique</i> .....	30
3.4.4 <i>Diffusion d'information aux usagers par l'intermédiaire des postes d'appel d'urgence équipés de balises radio</i> .....	30

3.4.5	<i>Le RDS</i> .....	30
3.4.6	<i>Les réseaux radio privés, notamment de celui du METL</i> .....	30
3.4.7	<i>La radiomessagerie</i> .....	30
3.4.8	<i>La FM synchrone</i> .....	31
3.4.9	<i>La surémission radio</i> .....	31
3.4.10	<i>La Citizen Band</i> .....	31
3.5	LES ARCHITECTURES POSSIBLES .....	31
3.6	BILAN SUR LES TECHNOLOGIES EXAMINÉES .....	33
<b>4.</b>	<b>ERGONOMIE, COÛT ET MARCHÉ</b> .....	<b>34</b>
4.1	ERGONOMIE DES DISPOSITIFS D'APPEL D'URGENCE ET D'ALERTE.....	34
4.2	LES COÛTS.....	34
4.3	MARCHÉ.....	35
<b>5.</b>	<b>LISTE DE CONTACTS</b> .....	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>38</b>

# 1. Présentation

## 1.1 Avant propos

Les dispositifs d'alerte dans le domaine routier sont primordiaux pour déclencher toute la chaîne de secours. Face à la gravité des accidents routiers, la rapidité d'intervention des secours est déterminante pour améliorer les chances de survie des personnes impliquées dans un accident, mais également pour éviter le phénomène de suraccident.

Plusieurs niveaux d'interventions sont donc nécessaires :

- ⇒ récupérer l'alerte et les informations associées
  - ♦ communication voix/données,
  - ♦ localisation,
- ⇒ alerter / informer les autres usagers
  - ♦ diffusion locale.
- ⇒ organiser les secours
  - ♦ ce dernier point n'est pas traité dans le présent document.

## 1.2 Les objectifs de l'étude et organisation du document

L'objectif de cette étude est d'apporter une contribution technique sur la gestion des appels d'urgence. La gestion des appels d'urgence entre dans le cadre du PREDIT, groupe thématique "route intelligente" qui a inscrit le thème "gestion des incidents" comme prioritaire pour 1997-1998. Ce document traite des aspects technologies mais n'aborde pas l'organisation des secours.

Après un bref état des lieux et après avoir constaté d'éventuels dysfonctionnements des systèmes actuels, le chapitre 2 présente un tour d'horizon des technologies exploitables et décrit leur fonctionnement. Dans le chapitre 3, les technologies répertoriées sont confrontées aux besoins de gestion des incidents.. Enfin, les considérations ergonomiques et économiques font l'objet du chapitres 4.

Afin de lever toute ambiguïté sur la terminologie, les définitions suivantes sont proposées :

Appel d'urgence : appel émis par un usager en direction des secours.

Alerte : message envoyé en direction des usagers pour les informer de la présence d'un danger potentiel.

*Nota* : les documents utilisés en référence sont listés dans la bibliographie et sont identifiés dans le document par le signe [ ].

## 1.3 Les dispositifs actuels ; état des lieux

Les dispositifs actuels se caractérisent principalement par un réseau d'appel d'urgence (RAU) sur les réseaux autoroutiers. Ces matériels, disposés tous les 2 km en rase campagne et tous les 1 km en zones urbaines et péri-urbaines mettent en relation directe, les usagers demandant assistance avec les services de gestion des appels (le plus souvent un peloton de gendarmerie). Chaque poste d'appel d'urgence (PAU) est identifié géographiquement, ce qui situe convenablement la position de l'appelant ainsi que le sens de circulation. Les PAU sont disposés face à face sur l'infrastructure autoroutière afin de prévenir d'éventuelles traversées d'autoroute pour rallier un PAU plus proche mais sur l'autre sens de circulation.

Ce type de dispositif existe également sur le réseau national, mais son implantation reste sommaire. Rien ne permet à un usager de savoir avec certitude si un PAU sera à sa disposition sur une RN.

Certaines sections autoroutières à risques sont pourvues de moyens de détection automatiques d'incident (DAI). Bien que ce type de dispositif soit peu répandu, il est un formidable outil

d'alerte. Toute détection s'accompagne d'un lever de doute visuel (par caméra), ce qui permet, une fois la nature de l'incident déterminée, de mettre en œuvre en un temps très court les actions adéquates (envoi des secours appropriés et messages à destination des autres usagers arrivant sur les lieux).

Bien que particulièrement intéressant, ce type de matériel ne pourra jamais surveiller tout le réseau autoroutier et ne remplacera donc pas le réseau d'appel d'urgence.

Nous constatons donc, qu'il serait opportun de concevoir un dispositif d'appel d'urgence intégré aux véhicules, afin d'améliorer la disponibilité et la rapidité de ces appels. Ces dispositifs peuvent reposer sur deux types d'architecture :

- La première architecture ne peut s'appliquer qu'aux réseaux autoroutiers. Elle met en œuvre une infrastructure fixe et propose un haut niveau de suivi des conditions de circulation, ainsi qu'une surveillance des incidents (panne, accident...).
- La seconde architecture est plus ouverte et permet d'être utilisée sur tous les types de réseau routier. Elle repose sur des réseaux de communication existant et ayant une bonne couverture géographique. Les capacités offertes par cette solution sont plus restreintes que la précédente, mais le service sera disponible sur l'ensemble du territoire.

### **1.3.1 Les fonctions nécessaires pour gérer les appels de détresse**

La gestion des appels de détresse peut se caractériser par un ensemble de fonctions élémentaires. Pour apporter une assistance optimale, le centre de réception des appels doit recevoir des informations précises, sur la nature des problèmes rencontrés, un premier diagnostic ou une description des dommages ainsi qu'une position précise. Nous pouvons donc isoler les fonctions suivantes :

#### **- la transmission des appels**

Les moyens de transmission sont le support de tout dispositif d'assistance et peuvent emprunter des voies très disparates allant de l'alerte donnée par un simple témoin, jusqu'à la détection d'incident par un système DAI déclenchant toute une procédure d'aide sans intervention de l'utilisateur. Cette disparité de traitement montre l'inégalité des usagers suivant le réseau emprunté, situation mise en évidence par la comptabilité du nombre d'accidents par types d'infrastructures. Les autoroutes sont les infrastructures les plus sûres malgré des vitesses élevées, mais qui sont compensées par un réseau d'appel d'urgence (RAU) performant et par la rapidité des secours, néanmoins, les risques de suraccident demeurent importants. Cette situation s'inverse sur les autres types de réseaux où le nombre de personnes impliquées dans un accident est généralement faible avec peu de risque de suraccident, mais où la rapidité des secours reste aléatoirement assujettie à un témoignage spontané.

Les principales exigences pour la transmission des appels sont les suivantes :

- rapidité de la connexion,
- routage automatique de l'appel vers le destinataire désigné (en fonction des choix organisationnels),
- possibilité de communication vocale bidirectionnelle,
- possibilité de transmission de données (quelques dizaines d'octets) dans le sens montant (utilisateur vers centre d'appel).

#### **- la localisation de l'appelant**

La localisation de l'appelant est une fonction essentielle pour apporter une réponse rapide et adaptée à un appel d'urgence. La précision de localisation de l'appelant doit permettre d'identifier :

- l'infrastructure empruntée,
- sa position le long du linéaire d'infrastructure routière,
- le sens de circulation dans le cas de chaussée à voies séparées.

Le RAU est parfaitement adapté à ces exigences mais

- n'est pas déployé sur toute l'infrastructure routière,

- n'est pas accessible depuis le véhicule alors que d'autres moyens de communication peuvent l'être.

#### **- la description de l'événement ayant induit l'appel**

La description de l'événement ayant induit l'appel permet de mettre en œuvre les moyens adéquats à la nature d'un problème. À ce niveau, tous les renseignements permettant de déterminer la gravité et la nature du problème sont importants. Les unités de secours seront totalement différentes pour traiter une panne mécanique et un accident corporel. Dans ce dernier cas, le degré de gravité d'un accident pourra également influencer sur la rapidité de l'intervention et sur le matériel engagé. La description pourra être faite vocalement par l'appelant, mais aussi d'une manière automatique. Cette automatisation signifie que le véhicule soit pourvu de capteurs dont les grandeurs seront transmises dès l'émission de l'appel.

#### **- l'alerte auprès des autres usagers**

Tout incident et à plus forte raison accident sur un axe routier doit être signalé aux autres usagers afin de limiter les risques de suraccidents. Cette information peut être une indication visuelle telle qu'un triangle ou les feux de détresse d'un véhicule, mais aussi des messages sur des panneaux à messages variables (PMV), des annonces radiodiffusées, des messages adressés aux conducteurs par un dispositif embarqué. Plus l'information est diffusée localement aux seuls usagers concernés, plus elle est pertinente.

### **1.3.2 Aperçu des dispositifs déployés aux USA et en Europe**

La France n'est pas le seul pays à s'intéresser à l'évolution des dispositifs d'appels d'urgence. Les USA innovent avec des sociétés de services qui relaient les appels d'usagers abonnés aux unités de secours appropriées [5]. Ces solutions sont mises en place par des constructeurs qui proposent l'équipement nécessaire sur leurs véhicules haut de gamme, avec un abonnement pour accéder aux services. Tous ces systèmes fonctionnent sur un principe similaire en associant un radiotéléphone et un GPS. Les appels sont dirigés vers le siège de la société de service avec des informations sur la localisation et l'identification du véhicule ainsi que la nature de la demande (d'ordre mécanique ou médicale) suivant la touche sélectionnée par le conducteur. Certains systèmes, comme le système *ON-STAR* de *General Motors*, proposent également l'appel automatique des secours sur déclenchement de l'airbag. De même, *Ford* propose un produit nommé *RESCU*, dont les fonctionnalités sont similaires au précédent. Ces abonnements donnent également accès au guidage dynamique, à des informations sur les parkings, les hôtels, etc, mais aussi à un suivi du véhicule en cas de vol. Chaque société se distingue en offrant des fonctions complémentaires comme le déverrouillage des portières en cas d'oubli des clés à l'intérieur ou l'activation du klaxon pour retrouver son véhicule sur un parking. Tous les services proposés, dans le cadre de l'alerte, sont basés sur une liaison vocale entre l'automobiliste et le centre de gestion des appels, qui après évaluation et en fonction des besoins, fait intervenir les moyens d'assistance.

La reproductibilité de tels systèmes en France est possible, bien que le développement de la radiotéléphonie ne soit en rien comparable à celle des USA. De plus, les besoins en appels d'urgence sont déjà pris en compte par les RAU, et, l'étendue réduite du territoire facilite l'aide entre les citoyens. En France, la notion de service public est forte au point de s'interroger sur les chances de succès des services payants. Les français sont-ils prêts à payer pour acquérir des systèmes appel d'urgence alors qu'ils hésitent encore à investir dans tous dispositifs de sécurité optionnels ? Un autre critère d'acceptabilité du concept sera le succès (ou l'insuccès) de la société *Médiamobile* qui propose un abonnement de guidage dynamique ou du produit *SKIPPER* fournissant des informations temps réel sur les conditions de trafic.

En Europe, des solutions émergent, notamment en Angleterre et en Allemagne.

En Angleterre : Ford va proposer le système RESCU et Opel (Général Motor) lance ON-STAR en partenariat avec Vodaphone et l'automobile club AA.

En Allemagne : l'opérateur de radiotéléphonie Mannesmann et le constructeur Volkswagen ont présenté le produit PASSO qui constitue une offre globale, proposant un service de téléassistance (appel d'urgence) et d'information embarquée. PASSO s'appuie sur un réseau GSM et utilise un GPS pour la localisation des véhicules.

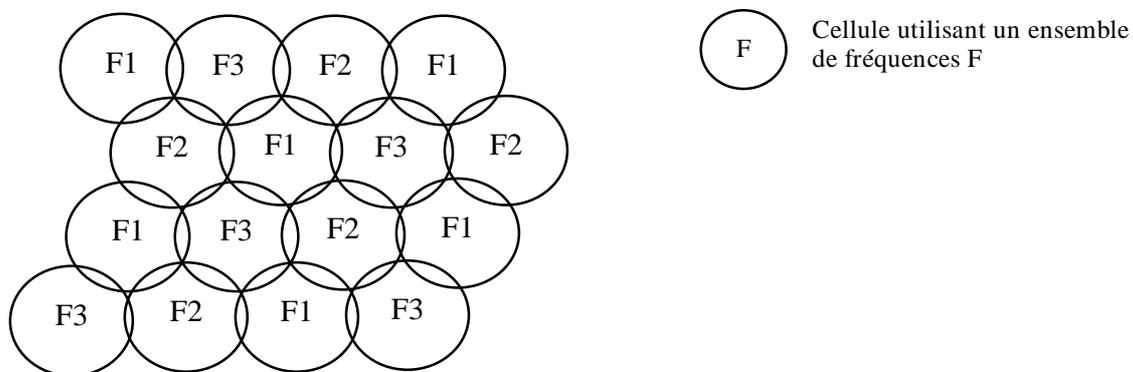
## 2. Description des technologies à disposition

### 2.1 Le GSM (*Global System for Mobile communications*)

#### 2.1.1 Généralités

Le téléphone cellulaire est basé sur une infrastructure composée d'une multitude de cellules contiguës. Cet ensemble de cellules crée une zone de couverture dans laquelle l'usage du radiotéléphone est possible. Cette division cellulaire permet la réutilisation des mêmes fréquences pour des cellules non voisines, sans perturbations dues à d'autres communications. Parmi les technologies de radiophonie numérique, le GSM est depuis fin 1996 suppléé par le DCS 1800 qui reprend les caractéristiques GSM mais fonctionne sur une bande de fréquence plus élevée (1800 MHz) et avec des cellules de taille plus restreintes. En raison de ces similitudes seul le GSM est décrit en détail ci-dessus.

*Exemple d'organisation d'une couverture cellulaire :*



#### *Taille des cellules*

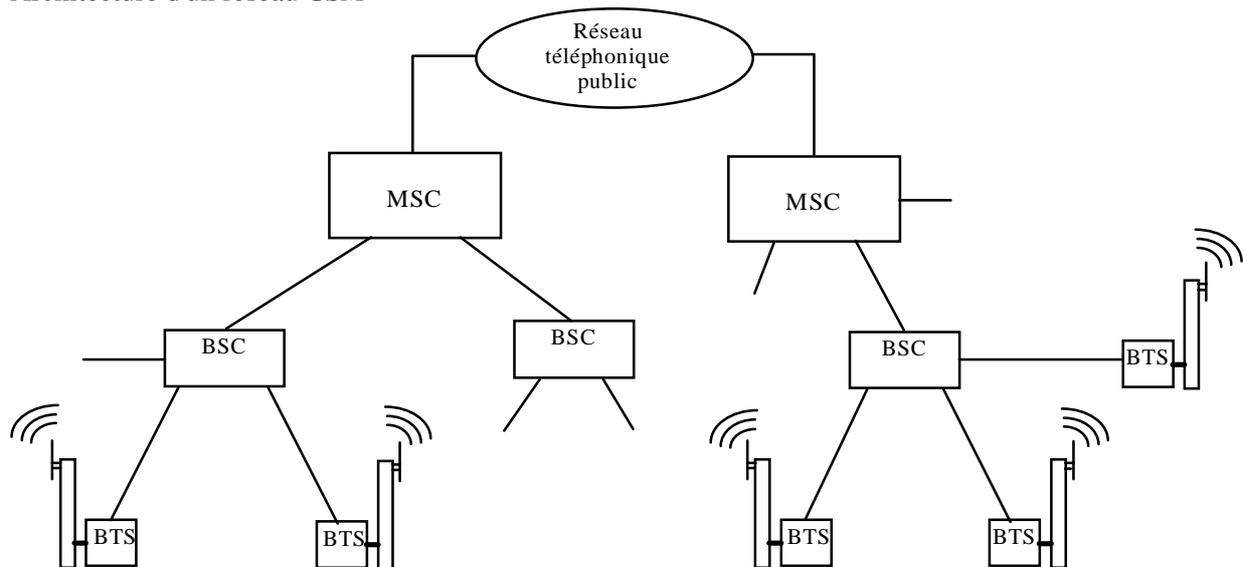
La taille des cellules est liée à la nature du terrain et à la densité des communications. En fonction de ces éléments, la taille des cellules pourra différer. Par exemple, dans le cas d'un réseau GSM, la taille des cellules en dehors des agglomérations urbaines atteint 30 km de rayon, tandis qu'en ville elle peut descendre à 1 km.

#### 2.1.2 Principe de fonctionnement des réseaux GSM

En France, le service GSM est assuré par France Télécom (service ITINERIS) et la SFR (service SFR numérique). Son mode de transmission numérique crypté garantit la qualité ainsi que la confidentialité de la communication. De nombreux services complémentaires seront proposés dans les années à venir. Les grands axes routiers ainsi que les agglomérations sont couvertes, mais il subsiste des zones d'ombre dans certaines régions à faible densité de population.

Par contre, ce mode de communication trouve ses limites en milieu urbain où il peut être saturé. Deux type de terminaux sont proposés, les portatifs (2 W) et les fixes (8 W). Les opérateurs offrent différents services complémentaires : messagerie vocale, messages alphanumériques courts, transmission de données (débit 9600 bits/s).

### Architecture d'un réseau GSM



En fait, les transmissions sans-fil ne sont effectives que sur les derniers "mètres" du réseau. Le déploiement d'un réseau est assuré par des moyens filaires jusque sur le terrain, où seuls les émetteurs constituant les cellules représentent la partie sans-fil. Le schéma ci-dessus illustre cette architecture.

#### ✓ Station de base ou BTS (Base Transceiver Station)

La fonction de cet équipement est d'assurer les liaisons radio entre les mobiles et l'infrastructure fixe. Une BTS est constituée d'une antenne offrant un rayon de couverture de 1 km en zone fortement urbanisée et, jusqu'à 30 km en zone de faible densité de population. Pour assurer ces fonctions, elle dispose d'un capital de canaux distincts de ceux des cellules adjacentes.

#### ✓ Contrôleur de station de base BSC (Base Station Controller)

Toutes les stations de bases sont surveillées par les BSC. Un BSC a en charge une ou plusieurs stations de base. Un BSC gère les fonctions de transmission (changement de cellule, fréquences...), les données relatives à la configuration cellulaire et module la puissance des émissions radio (des mobiles et des stations de base) afin de réduire les interférences entre utilisateurs et optimiser l'autonomie des mobiles.

#### ✓ Centre de communication radio mobile ou MSC (Mobile Service Switching Center)

Dans un réseau GSM, les MSC sont interconnectés entre eux. Ce dispositif assure les fonctions de communication de mobile à mobile, mais également effectue la liaison avec le réseau filaire public. Un MSC peut gérer quelques dizaines de milliers d'abonnés et s'appuie sur des bases de données pour établir les communications.

- Le registre de localisation nominal (HRL) : ce registre contient toutes les informations relatives aux abonnés (identité, numéro d'appel, services autorisés). Il stocke et réactualise en permanence le numéro du VLR où est enregistré l'abonné afin d'aiguiller les communications.

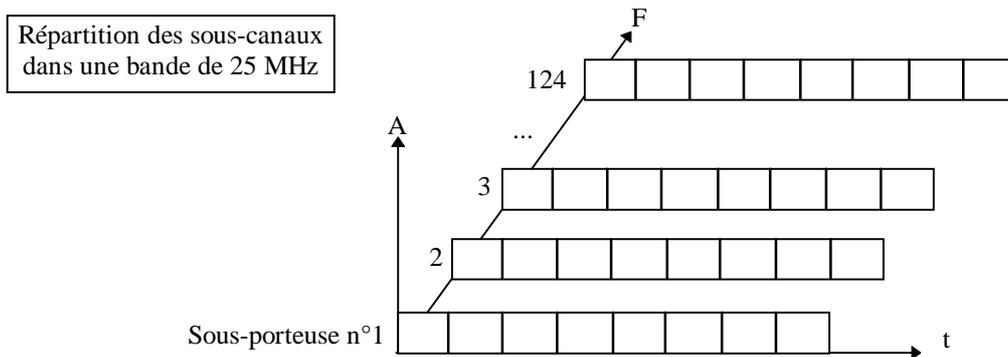
- Le registre de localisation des visiteurs (VLR) : ce registre est alimenté par le précédent et permet de faire suivre les informations concernant les abonnés pénétrant dans le secteur d'un MSC. Les informations de localisation des mobiles sont également plus précises.
- Le centre d'authentification : c'est une base de données qui intègre les informations relatives à la protection des communications, au contrôle des clés d'authentification et à toute utilisation frauduleuse des équipements.
- Le registre d'identité des équipements : les équipements (terminaux mobiles) sont identifiés par un numéro d'identification propre. Cette base contient toutes ces informations et, interdit de la sorte l'usage d'appareils non déclarés ou volés.
- Le centre d'exploitation et de maintenance : il s'agit d'un ordinateur central qui assure les fonctions d'exploitation et de maintenance de l'ensemble du réseau.

Le GSM est issu d'une norme européenne caractérisant une transmission numérique cryptée, avec un codage de la voix de 13 kbits/s.

Pour fonctionner, le GSM utilise, deux bande de fréquences d'une largeur de 25 MHz chacune:

- 25 MHz pour le sens montant, c'est à dire mobile vers réseau (890 - 915 MHz)
- 25 MHz pour le sens descendant, c'est à dire réseau vers mobile (935 - 960 MHz)

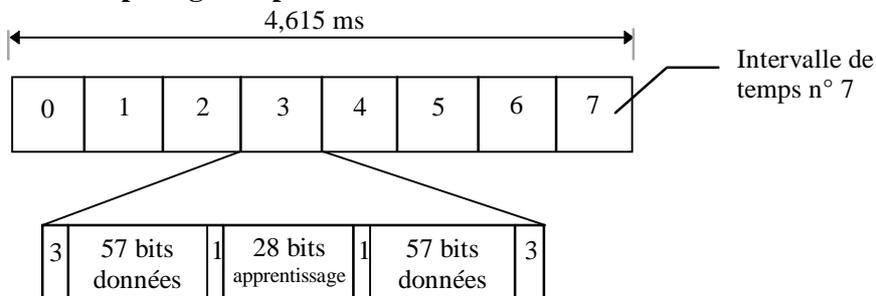
Ces deux bandes de fréquences sont découpées en 124 canaux de 200 kHz, chaque canal étant lui-même multiplexé selon la technique d'accès multiple à répartition dans le temps ou time division multiple access (TDMA) en 8 voies.



La transmission est effectuée sur deux sous-porteuses espacées de 45 MHz. L'une est utilisée pour le sens montant (du mobile vers le réseau) et l'autre dans le sens descendant (du réseau vers les mobiles).

*Nota* : les 124 canaux doivent être partagés entre les différents opérateurs, soit France Télécom et SFR pour la France.

**Organisation du multiplexage temporel sur un canal :**



Chaque intervalle de temps est constitué de 148 bits :

- les 3 bits en début servent à la détection du palier ;
- les 3 bits de fin d'intervalle délimitent la fin du palier ;

- le milieu de l'intervalle est constitué de 28 bits appelés "bits d'apprentissage" qui servent à la synchronisation du palier, en raison des variations de propagation des signaux ;
- deux plages de 57 bits constituent l'espace réservé aux données, soit 114 bits par intervalle ;
- les plages réservées aux données et à l'apprentissage sont séparées par un bit identifiant la nature du contenu de l'intervalle de temps.

*Nota* : les données contenues dans les intervalles de temps ont été préalablement cryptées.

La récurrence d'un intervalle de temps particulier (répété toutes les 4,615 ms) dans une trame constitue un canal physique. Un canal physique peut supporter plusieurs canaux logiques ; par exemple : le canal TCH et le canal SACCH (voir ci-dessous).

### **Organisation des trames :**

Chaque canal fréquentiel est divisé en 8 intervalles de temps d'une durée totale de 4.615 ms. A partir de ces intervalles, le système va créer plusieurs trames. Différents types de trames sont possibles :

- La trame de signalisation appelée BCCH/CCCH. Cette trame est commune à tous les mobiles présents dans la même cellule.  
Elle se compose en réalité de deux trames : une dédiée au sens descendant BCCH et l'autre au sens montant CCCH.  
Elles sont composées à partir de 51 intervalles de temps (n° 0). La trame de signalisation a une durée de 235 ms (51 x 4.615 ms).

Les informations contenues dans la trame BCCH (pour le sens descendant) sont :

- Le canal de diffusion (BCCH) qui donne des informations générales sur le système, indique la cellule dans laquelle se trouve le mobile et des renseignements sur les cellules adjacentes ;
- Le canal de correction des fréquences (FCCH) qui donne des informations sur la porteuse utilisée ;
- Le canal de synchronisation des trames (SCH) ;
- Le canal d'allocation de ressources (AGCH) qui permet d'allouer un espace temporel à un mobile demandeur ; ce canal contient le paramètre *Time Advance* (TA) qui permet de compenser les temps de propagation des ondes. La valeur de ce paramètre est rafraîchie toutes les 480 ms.
- Le canal de messagerie (PCH) utilisé pour établir une communication avec un mobile.

Les informations contenues dans la trame CCCH (pour le sens montant) sont :

- Le canal d'accès aléatoire (RACH) utilisé par un mobile lorsqu'il demande une communication ou pour s'identifier dans une nouvelle cellule ;
- La trame de trafic TCH/SACCH. Cette trame est dédiée à un mobile unique. Les deux sens (montant et descendant) sont symétriques. Elle est constituée de 26 intervalles de temps. Sur ces 26 intervalles, 24 sont dédiés au canal de trafic (TCH), 1 contient des données de signalisation (canal SACCH) et le dernier est libre. La trame ainsi constituée a une durée de 120 ms.  
*Nota* : dans le cas d'une trame demi-débit, la même trame est utilisée pour deux mobiles, l'intervalle libre sera remplacé par un second canal SACCH.

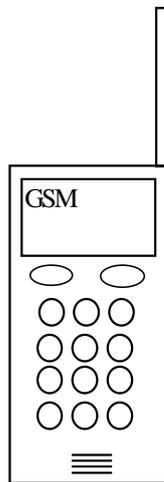
- La trame de signalisation dédiée autonome SDCCH.

SDCCH est un canal utilisé pour transmettre des informations entre le réseau fixe et le mobile lorsque ce dernier se déclare dans une nouvelle cellule tout en étant en mode veille (sans être en communication). Ce canal est propre à un mobile.

**Exemple :**

Trames utilisées lors d'une communication.

Mobile

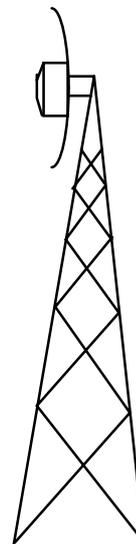


Bande de fréquence : 890 - 915 MHz  
Intervalles de temps utilisés sur la porteuse utilisée

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

Trames constituées :  
- trame de signalisation (51 intervalles de temps)  
- trame de trafic (26 intervalles de temps)

Station de base



Bande de fréquence : 935 - 960 MHz  
Intervalles de temps utilisés sur la porteuse utilisée

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

Trames constituées :  
- trame de signalisation (51 intervalles de temps)  
- trame de trafic (26 intervalles de temps)

**Fonctionnement du système**

Procédure suivie par le système :

Lors de sa mise en service (sous tension), le mobile scrute les canaux fréquentiels en "écoutant" les BCCH émis par les différentes cellules. Lorsqu'il capte plusieurs sources d'émission (issues de plusieurs cellules adjacentes), il se cale sur l'émetteur le plus puissant, donc le plus proche, et lit les informations contenues dans la trame BCCH.

Par un canal RACH de la trame CCCH, le mobile envoie un message signalant sa présence. Alors, le réseau fixe enregistre le mobile dans la base de données VHL afin d'orienter correctement les appels vers le mobile.

Lorsque le mobile s'est déclaré dans la cellule, il reste à l'écoute du BCCH de la cellule tout en écoutant les cellules voisines pour éventuellement se rattacher à l'une d'elle si les conditions d'émission/réception deviennent meilleures.

#### Etablissement d'une communication

Pour établir une communication, deux cas sont à considérer :

- appel entrant (réseau fixe vers mobile) ;
- appel sortant (mobile vers réseau fixe).

Pour un appel entrant, le réseau fixe adresse le mobile par le canal PCH et le mobile répond par le canal RACH, tandis que pour un appel sortant, c'est le mobile qui demande directement (via le canal RACH) un canal de transmission.

Le réseau fixe alloue via le canal AGCH, un canal TCH pour le trafic.

#### Le hand-over

Cette fonction permet de se déplacer tout en restant en communication. Il est donc possible de changer de cellule, d'une manière transparente et automatique. Lorsque le signal de transmission entre un émetteur et un combiné s'affaiblit, le mobile recherche une autre station de base qui pourra assurer la liaison dans de meilleures conditions. Dès qu'une telle station est trouvée avec un canal libre, le système effectue la transition de la communication.

En pratique, la trame TCH/SACCH qui transporte le trafic (canal TCH) contient également le canal SACCH qui permet au mobile de gérer et de préparer un éventuel changement de cellule lorsque qu'il détecte un canal BCCH voisin plus puissant.

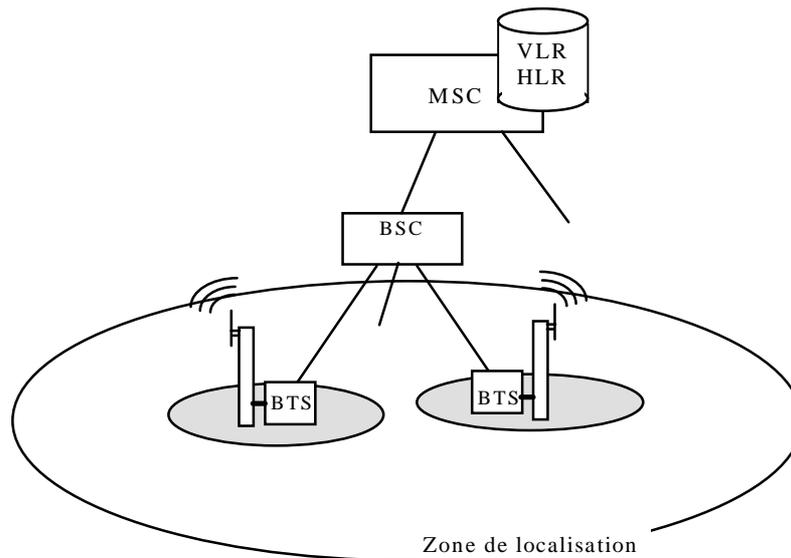
#### Petit glossaire des sigles utilisés dans ce paragraphe

AGCH	: Access Grant CHannel
BCCH	: Broadcast Control CHannel
CCCH	: Commum Control CHannel
FCCH	: Frequency Correction CHannel
HLR	: Home Location Register
PCH	: Paging CHannel
RACH	: Random Access CHannel
SACCH	: Slow Associated Control CHannel
SCH	: Synchronisation CHannel
SDCCH	: Stand Alone Dedicaded Control CHannel
TA	: Time Advance
TCH	: Traffic CHannel
VHL	: Visitor Location Register

### **2.1.3 Les différentes possibilités de localisation d'un radiotéléphone par le réseau GSM**

Le mode de fonctionnement des réseaux GSM impose à l'opérateur de pouvoir situer géographiquement un radiotéléphone afin de router tout appel en direction de ce mobile. A cette fin, plusieurs paramètres sont exploitables et les données sont contenues dans les registres HLR et VLR.

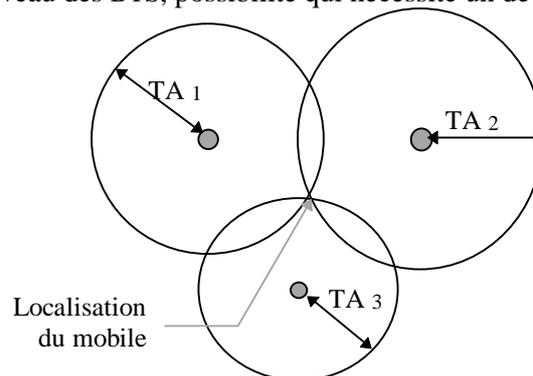
Les informations concernant l'abonné sont intégrées dans le registre HLR, mais également dans le registre VLR du MSC où se trouve le mobile. Le registre VLR contient le code *Localisation Area Identification* (LAI) composé de l'indicatif du pays, de l'indicatif de l'opérateur et d'un code caractérisant une zone du réseau librement déterminé par l'opérateur. À partir de ce registre, il est donc possible de connaître la position d'un mobile, mais avec une précision équivalente à la zone d'action d'un BSC, qui dépend du nombre de BTS gérées par le BSC. Il serait possible d'affiner la localisation d'un radiotéléphone sur une zone correspondante à la surface de la cellule (BTS) en améliorant les logiciels qui régissent le réseau.



Cependant, un moyen d'affiner la précision de localisation des mobiles est d'effectuer une triangulation à partir des émetteurs GSM et en observant l'évolution des paramètres d'émission. En effet, pour fonctionner un réseau GSM doit prendre en compte la propagation des ondes dans l'atmosphère afin d'éviter les chevauchements des trames entre la station de base et les mobiles. Ce phénomène est particulièrement sensible lorsque le mobile est éloigné de la station de base et nécessite l'usage d'un *Time Advance* (TA) qui compense les temps de propagation des ondes. Le réseau synchronise la transmission en intégrant le code TA au canal AGCH et le fait évoluer en fonction de la distance entre le mobile et la station de base. En isolant ce code TA, il est possible de déterminer la distance entre le mobile et la station de base, puis en forçant le système à faire un changement de cellule, on peut localiser assez précisément le mobile.

Cette opération pourrait être effectuée par le mobile lui-même. Le résultat obtenu serait transmis lors de la communication, en admettant que le centre qui reçoit l'appel soit équipé pour traiter cette information. L'avantage réside dans le fait que le mobile connaît la BTS à laquelle il se connecte.

Le traitement pourrait également être réalisé par le réseau, mais cela implique que la zone de localisation soit affinée au niveau des BTS, possibilité qui nécessite un développement logiciel.



Pour exploiter ce code TA avec une triangulation suffisante, il faut forcer le radiotéléphone à effectuer un changement de cellule en dégradant la transmission. Cette méthode peut conduire à une coupure de communication si aucune autre cellule n'est disponible pour effectuer le hand over. Le traitement de la localisation peut être effectué soit par le radiotéléphone, soit par le réseau. Le laboratoire électronique onde et signaux pour les transports (LÉOST) de l'INRETS travaille sur ce sujet en exploitant le paramètre TA à partir du mobile [1]. D'autres travaux sur la localisation par radiotéléphone sont menés, notamment aux USA pour les appels sur le n° 911. La société *Raytheon* prépare un système de localisation de radiotéléphone avec une précision de 125 m : voir annexe Revue Inside ITS et [6]. Un parallèle sera à établir pour une éventuelle reproductibilité du système sur le réseau GSM.

## 2.2 Localisation par radiogoniométrie

Le LÉOST s'est également penché sur la localisation avec une méthode de radiogoniométrie [1], indépendante des réseaux GSM. Cette technique compose un autre axe de recherche. Elle consiste à mesurer les angles de gisements de plusieurs émetteurs radio dont les coordonnées sont connues, mais nécessite un équipement embarqué. Les limites de cette méthode sont principalement dues à des phénomènes de diffraction qui faussent les relevés angulaires et détériorent ainsi la précision des mesures. La radiogoniométrie reste donc une technique peu exploitable dans le cadre d'une localisation de mobile.

## 2.3 Radiolocalisation de mobiles ; service Mobiloc

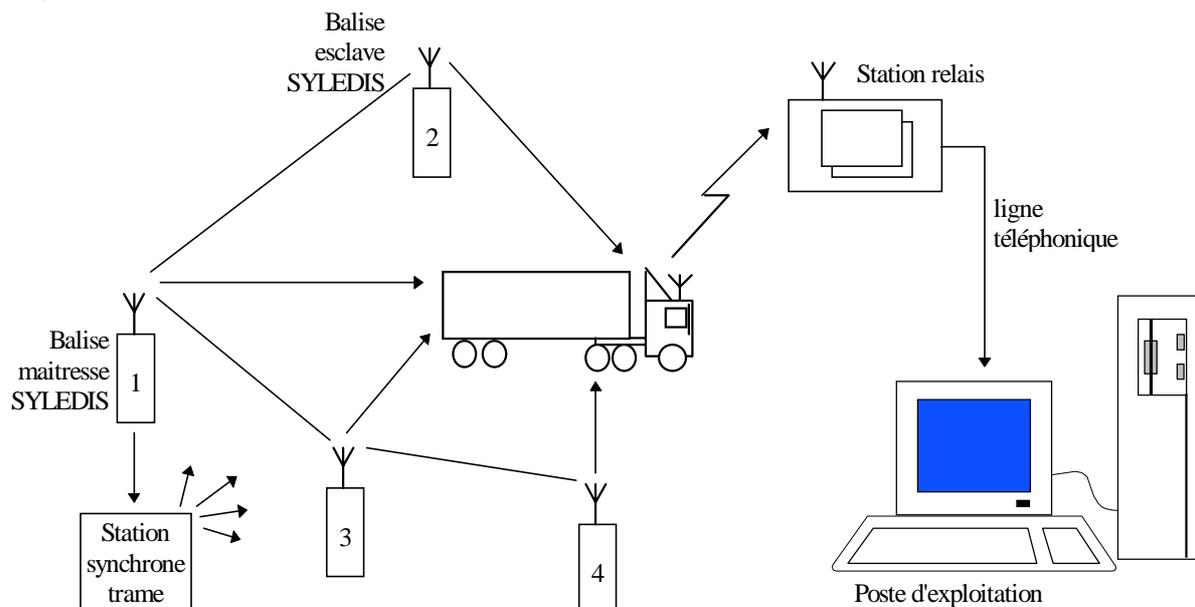
MOBILOC, filiale commune à CGG et TDF, offre un service intégré de radiolocalisation de mobiles et de transmission de données.

La position d'un mobile peut être déterminée par le système SYLETRACK dans les zones couvertes par le service (soit actuellement dans un rayon de 40 km autour de PARIS), y compris en zone urbaine dense avec une précision annoncée de 10 m et une mise à jour de la position comprise entre 2 s et 15 mn. MOBILOC est un système entièrement propriétaire.

### - Composition du système de radiolocalisation SYLETRACK

Les principaux éléments constituant le système sont :

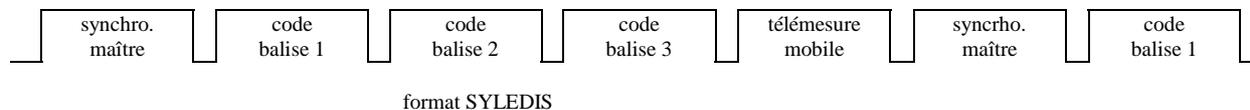
- un réseau de radiopositionnement SYLEDIS travaillant dans la bande UHF (300 MHz - 3 GHz) et constitué de 4 à 28 balises ;
- un terminal léger, incluant un odomètre et un gyromètre, et une antenne de type radiotéléphone installés dans les véhicules à localiser ;
- une ou plusieurs stations de relais des informations de position vers un ou plusieurs postes d'exploitation, par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique ;
- une ou plusieurs stations de synchronisation permettant de synchroniser les différents éléments du système.



### - Principe de fonctionnement du système SYLETRACK

Le mobile détermine sa position en mesurant les temps de propagation, proportionnels aux distances parcourues, d'un code SYLEDIS en provenance de balises fixes.

Chaque balise émet le code SYLEDIS, à tour de rôle, durant un créneau temporel, dit créneau SYLEDIS, qui lui est attribué dans une tranche de temps appelée format SYLEDIS.



Comme le montre le schéma ci-avant le premier créneau du format est réservé au signal de synchronisation des éléments du système SYLETRACK.

La technique de temps partagé permet d'attribuer un créneau à chaque mobile à repérer, pendant lequel il émet son information de position vers la station relais.

Un format SYLEDIS comporte entre 5 et 30 créneaux de 6,6 ms chacun, ce qui permet de localiser de 1 à 15 mobiles.

Pour localiser plus de 15 mobiles, il faut diminuer la fréquence de renouvellement des télémesures, la fréquence maximale étant d'environ 2 s.

Un mobile suivi est identifié par :

- son numéro de créneau dans un format,
- son numéro de format dans une trame de 300 formats consécutifs,
- son numéro de canal de fréquence de télémesure.

### Synchronisation

Dans chaque unité du système SYLETRACK, les formats sont générés par une horloge interne à l'unité. Les formats, ayant la même durée et le même nombre de créneaux, les unités du système peuvent être synchronisées comme suit.

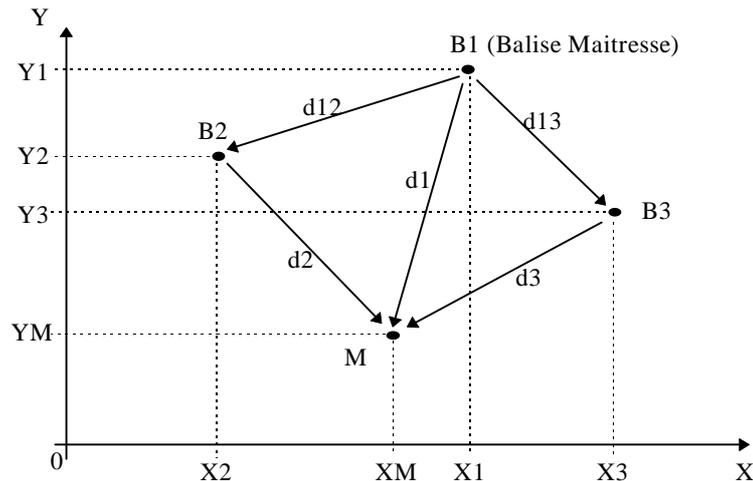
La balise maître, dite MAÎTRE de SYNCHRO, émet, pendant le premier créneau du format, le signal de synchronisation ; simultanément les autres unités esclaves sélectionnent leur fonction RECEPTION SYNCHRO qui consiste à vérifier qu'elles reçoivent bien le signal de synchronisation dans ce même créneau ; si ce n'est pas le cas il faut resynchroniser ces unités en deux phases :

- la RECHERCHE SYNCHRO durant laquelle le récepteur configure tous les créneaux de son format en RECEPTION SYNCHRO et teste le maximum reçu sur chacun d'eux ;
- la POURSUITE SYNCHRO débute dès que le niveau maximum a été détecté sur un créneau ; elle consiste à ajuster l'horloge du format de l'unité décalée de façon à ce que l'enveloppe du signal reçu coïncide parfaitement avec la fenêtre de réception du premier créneau puis à maintenir cette position ; lorsque la coïncidence est parfaite, le format est dit synchronisé sur celui du maître.

### Mesure

Après resynchronisation des unités du système, les balises émettent un code pseudo-aléatoire, dit code SYLEDIS, issus des générateurs équipant chaque unité du système.

Le code SYLEDIS (répété 80 fois dans un créneau) émis par la balise maître est reçu après un temps de propagation, proportionnel à la distance parcourue, par les autres unités esclaves, c'est à dire par les autres balises et par le mobile à localiser. Ces derniers asservissent leur code sur l'image reçue du code maître. Chaque balise émet alors son code asservi vers le mobile pour asservir un des codes du mobile, dont un évolue librement.



Le mobile peut mesurer les temps :

- $\Delta t$  comme décalage temporel entre le code maître et le code libre,
- $t_1 = d_1/c$  comme décalage temporel entre le code maître et le code 1 asservi du mobile,
- $t_2 = (d_2 + d_{12})/c$  comme décalage temporel entre le code maître et le code 2 asservi du mobile,
- $t_3 = (d_3 + d_{13})/c$  comme décalage temporel entre le code maître et le code 3 asservi du mobile.

Le mobile peut alors résoudre le système aux trois inconnues  $\Delta t$ ,  $X_M$  et  $Y_M$  à l'aide des coordonnées  $(X_i, Y_i)$  des balises et de l'expression des distances  $d_i = [(X_M - X_i)^2 + (Y_M - Y_i)^2]^{0.5}$ .

C'est la vitesse de propagation des codes.

Les temps de propagation acquis permettent donc, au mobile de déterminer sa position  $(X_M, Y_M)$ .

### Ambiguïté

Le système présente une ambiguïté, en effet, il ne peut pas mesurer de distances supérieures à celle correspondant à la période du code sur lequel la mesure est produite soit environ 20 km.

La distance fournie par le système est donc corrigée et donnée par la formule  $d = d_{\text{mesurée}} + K \times 20$ , où K est un coefficient déduit de l'estime de position et où  $d_{\text{mesurée}}$  est inférieure à 20 km.

### Traitement des mesures

Le mobile met en oeuvre un algorithme de type moindres carrés pour déterminer la position brute du mobile à partir des pseudo-distances mesurées.

La position brute est ensuite affinée par deux traitements parallèles qui sont un filtre de Kalman et un recalage grâce aux aides externes de rotation (gyromètre) et de déplacement (odomètre).

Enfin le mobile émet sa position corrigée vers la station relais qui la transmet au poste d'exploitation via une liaison téléphonique.

## **2.4 Global Positioning System (GPS) ou la localisation par satellites**

Le GPS est un système de positionnement par satellite permettant de déterminer la position  $(X, Y, Z)$  d'un mobile terrestre, reposant sur une constellation de 24 satellites américains (département de la défense) qui orbitent autour de la terre à environ 20000 km (rotation de 12 h). Chaque satellite émet en continu des signaux radiomodulés sur deux fréquences porteuses (1,2 et 1,5 GHz) que tout récepteur peut capter. Chaque porteuse est modulée par deux types de codes (C/A et P) et par un message de navigation satellite (paramètres permettant de positionner les satellites)

- Chaque message satellite délivre les informations suivantes :

- prévision de l'orbite des satellites,
- information concernant la qualité des horloges des satellites,
- information d'ordre général sur le système.

- Les codes sont des créneaux périodiques "top horaires" émis régulièrement par les satellites. Deux types de codes sont émis :
  - Le code C/A correspondant au service SPS (Standard Positioning Service) pour les applications civiles, mais les messages de navigation sont volontairement dégradés et n'autorisent qu'une précision résultante de quelques dizaines de mètres (en mode plan avec un seul récepteur),
  - Le code P correspondant au service PPS (Precise Positioning Service). Ce code volontairement brouillé est réservé à un usage militaire (ou suivant autorisation) et permet une précision résultante de moins de 10 m (en mode plan avec un seul récepteur).

Pour déterminer la position d'un mobile, le récepteur doit résoudre une équation à quatre inconnues (X,Y,Z et décalage d'horloge) nécessitant la réception des signaux de quatre satellites. Pourtant, les coordonnées ainsi obtenues restent soumises à des dérives souvent plus marquées en milieu urbain en raison de perturbations tel que : réflexions éventuelles (façades), lignes haute tension, perturbations électromagnétiques, etc qui multiplient les signaux et d'une "fenêtre" lui permettant de disposer de quatre satellites. La "fenêtre" est d'autant plus restreinte que le récepteur est placé dans une rue étroite, sous des plantations ou dans un passage couvert. La précision ainsi obtenue est d'environ 100 m, mais elle peut être améliorée en utilisant la technique dite DGPS (différentiel GPS ou mode relatif) qui consiste à installer un second récepteur GPS de référence, sur une position fixe dont les coordonnées sont parfaitement connues. A partir de cette installation, il est possible de corriger les mesures des récepteurs positionnés dans un rayon de 100 km autour du récepteur de référence et d'atteindre une précision de l'ordre du mètre.

Vous trouverez plus d'informations sur la *Fiche GPS* intégrée en annexe.

Une deuxième constellation de satellites appartenant à la Russie constitue le système GLONASS qui a sensiblement les mêmes caractéristiques que le GPS.

## **2.5 Les communications dédiées à courte portée (DSRC)**

### **2.5.1 Présentation et point sur la normalisation**

Les communications dédiées à courte portée ou Dedicated Short Range Communication (DSRC) [3] font l'objet de nombreux travaux de recherche. Le *Working Group 9* (WG 9) du *Technical Commite 278* (TC 278) tente de spécifier et de normaliser les DSRC pour les applications dans le domaine routier. Actuellement les travaux de ce groupe ont abouti à un consensus sur le modèle d'architecture des DSRC en 3 couches (les couches 1, 2 et 7 du modèle OSI).

Les DSRC se présentent comme un moyen de communication bidirectionnel autorisant une transmission de données sur une zone restreinte (comprise entre 1 et 100 m) pour des échanges inter-véhicules et véhicules-infrastructure. Les débits varient selon les applications et sont catalogués en classes de performance entre 250 kbits/s et 1 Mbits/s. Parmi les techniques envisageables, l'utilisation des hyperfréquences à 5,8 GHz avec une puissance nominale de 2 W semble être la solution la plus aboutie. Plusieurs formats de trame sont disponibles et dédiés aux différentes applications à réaliser. A titre d'exemple, il existe des trames uniquement utilisables pour effectuer un suivi de véhicule. A chaque balise, un code identifiant est émis vers le réseau : on connaît donc la progression du véhicule.

Les applications des DSRC sont nombreuses, mais actuellement seul le télépéage utilise cette technique. Cependant, les DSRC peuvent servir à remonter des informations sur les conditions de circulation en utilisant des capteurs implantés le long du réseau mais aussi en utilisant les véhicules comme capteurs. La vitesse pratiquée et tous les équipements employés pour la conduite (essuie-glace, usage des codes en plein jour...) sont autant d'éléments pour mettre en évidence les conditions de trafic, la présence de pluie, de brouillard ... sur un secteur.

Dans le cadre du PREDIT, une application des DSRC sera expérimentée sur un site pilote correspondant à une section de l'A10. Il s'agit du projet AIDA (Application pour l'Information Des Autoroutes) issu du concept ADAMS (Automatic Debiting Application for new Motorway Services). AIDA est constitué par le GIE composé de PSA, RENAULT, CS Route et COFIROUTE.

Rappel : ADAMS est une expérimentation menée par COFIROUTE et RENAULT en 1994. Le système repose sur une infrastructure DSRC comparable à celle du télépéage. Pour cela, une section de l'A10 à hauteur d'Orléans a été équipée de balises (émetteur/récepteur) aux entrées et sorties de l'autoroute, mais aussi en section courante. Tous ces équipements étaient connectés au PC central par le réseau de communication. La fonction du PC était de collecter les données, de les mettre en forme et de diffuser l'information. Avec ce système, les véhicules équipés sont utilisés comme un capteur pour fournir des informations, qui seront après analyse redistribuées aux autres véhicules. Les services déployés pour l'expérimentation ont consisté à mettre à disposition des informations sur, les temps de parcours, l'info météo d'urgence, l'info incidents/bouchons, l'info sur les aires de services et de repos, la signalisation des sorties et les tarifs des carburants.

ADAMS a permis de démontrer la faisabilité du concept avec l'utilisation d'équipement de télépéage.

### **2.5.2 Le télépéage : présentation et principes**

Le télépéage est un dispositif conçu pour régler le droit de passage sur une infrastructure autoroutière à péage sans nécessiter un arrêt du véhicule. Ce système a pour objet de faciliter les transactions et de fluidifier la circulation. Il se présente sous la forme d'un badge transmetteur placé sur le pare-brise dans lequel on insère une carte à puce où sont stockées les informations.

Le télépéage est basé sur une liaison courte portée à 5,8 GHz (DSRC) entre un équipement fixe équipant les gares de péage et un badge embarqué par les véhicules. Lorsqu'un véhicule approche de la zone de communication, le badge est "réveillé" par les signaux d'interrogation émis par les équipements fixes, système qui garantit une bonne autonomie de l'appareillage embarqué. A l'entrée d'une section à péage, le badge du véhicule reçoit des informations qui serviront à établir le montant de la prestation au moment où il quittera l'infrastructure. Ce système nécessite un dispositif de reconnaissance de forme afin de définir la classe du véhicule et donc le tarif à appliquer.

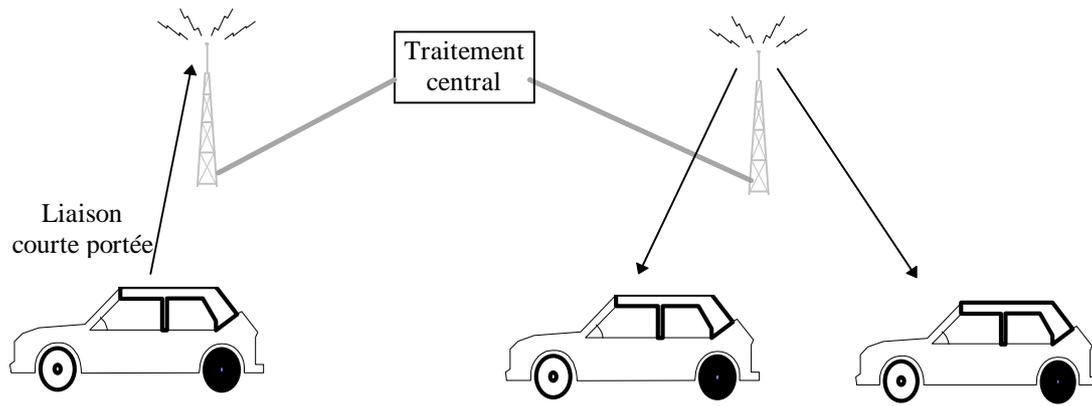
La généralisation de ce moyen de transaction à toutes les infrastructures à péage laisse supposer une normalisation et une compatibilité des systèmes. En fait il semblerait que l'on s'oriente vers une normalisation du support et des protocoles de transmission, permettant ainsi l'interopérabilité des matériels, tout en autorisant l'utilisation d'applications propriétaires.

### **2.6 Le warning électronique**

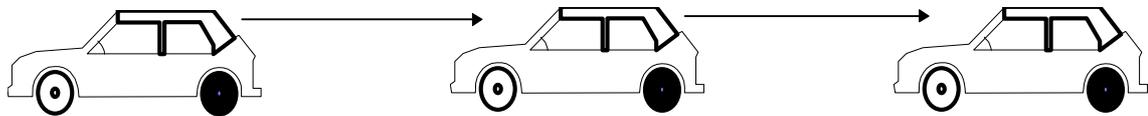
Le warning électronique est un concept basé sur le warning visuel actuel (feux de détresse), mais qui substituerait ou compléterait les informations visuelles extérieures au véhicule par une information plus proche du conducteur et dont la portée serait plus importante. Ce système utiliserait un lien hyperfréquence pour communiquer et devrait émettre à travers une antenne directionnelle privilégiant les véhicules amonts. La nature des informations transmises pourrait être une forte décélération ou tous autres phénomènes susceptibles de générer un danger.

Deux solutions semblent possibles pour réaliser cette liaison :

- une transmission issue d'un véhicule en direction de l'infrastructure, laquelle redistribue l'information aux véhicules arrivant (concept AIDA).



- une transmission de véhicule à véhicule



L'information peut être acheminée de véhicule à véhicule jusqu'à la fin de la file. On peut assimiler cela à une information relayée. Cette solution utiliserait un lien courte portée (DSRC ?), qui serait reçu uniquement par les véhicules suivants.

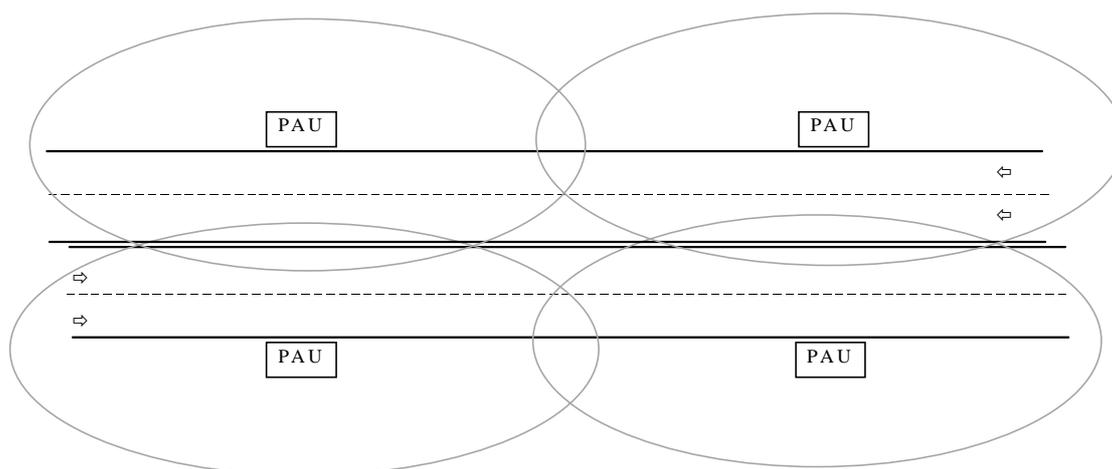
Une autre solution de transmission de véhicule à véhicule consiste à émettre un signal d'alerte à partir d'un véhicule en difficulté en direction de l'ensemble des automobilistes circulant dans un périmètre plus ou moins important autour de ce véhicule.

Voir en annexe : fiche sur "le Vigilant".

## **2.7 Utilisation de balises radio sur les postes d'appel d'urgence**

### **2.7.1 Généralités**

La percée des téléphones cellulaires de type GSM suscite de nouvelles interrogations sur les dispositifs d'appel d'urgence. En effet, on s'aperçoit que le réseau d'appel d'urgence (RAU) sur autoroute est de plus en plus concurrencé par l'usage des radiotéléphones. Cette situation s'explique par la facilité et le confort d'utilisation des radiotéléphones. Pour enrayer cette évolution qui engendre des dysfonctionnements dans l'organisation des secours, il convient de faire progresser le RAU en le rendant plus convivial et plus souple à l'usage. Une solution consiste à munir les postes d'appel d'urgence (PAU) de balises radio afin de créer une couverture donnant accès au RAU depuis son véhicule. Pour cela, il suffit de greffer aux PAU existants un module radio couvrant une zone de 2 km (1 km de part et d'autre d'un PAU), correspondant à la distance entre deux PAU.



## 2.7.2 Principe de fonctionnement

Le fonctionnement de ce type de dispositif peut reposer sur différentes technologies, notamment sur une liaison GSM ou sur une liaison radio dédiée.

- L'utilisation des mobiles GSM pour développer cette pratique, permettrait de s'appuyer sur un parc de radiotéléphones en constante augmentation et sur une technologie bien stabilisée. Par contre, la faisabilité est liée au fait qu'un appel destiné au RAU doit prendre le pas sur les opérateurs. Cela implique de mettre en œuvre des accords avec France Télécom et SFR, afin de stipuler un numéro spécial qui ne serait géré que par le RAU autoroutier indépendamment du réseau GSM auquel est abonné l'utilisateur. Cette solution apparaît plus limitée que l'usage "normal" du radiotéléphone GSM avec une mise en œuvre plus délicate. Le développement d'un troisième réseau (Bouygues Télécom) basé sur la norme DCS 1800 risque de compliquer et de réduire l'impact de ce système.
- La solution basée sur une liaison radio dédiée aurait le mérite de se dégager des contraintes liées aux opérateurs. En revanche, les usagers devront investir dans un appareil spécifique. Une description possible de ce dispositif pourrait se traduire par deux boutons d'appel afin de séparer les incidents mécaniques et les problèmes corporels, une voie de retour sous forme de voyant en guise d'accusé de réception et une mémoire contenant des informations permettant d'identifier le véhicule. L'INRETS/LÉOST expérimente actuellement la faisabilité de cette extension du RAU, en utilisant les spécifications ETS 300 220 permettant d'exploiter la gamme de fréquence des 433 MHz sans contrainte particulière pour des puissances inférieures à 10 mW. La communication ainsi obtenue est vocale (transmission analogique), mais peut également supporter des données en utilisant un modem : le débit obtenu est de 4,8 kbits/s.

L'initiative de l'appel reviendrait soit à l'utilisateur pour lancer un appel d'urgence, soit au gestionnaire pour diffuser un message d'alerte vers des terminaux embarqués.

## 2.8 Le Radio Data System (RDS)

Le RDS est une technique qui permet de superposer aux émissions radio, une porteuse diffusant des informations numériques. Ces informations ont, dans bien des cas, un caractère routier avec les fonctions *Traffic* ; RDS-TMC (Radio Data System - Traffic Message Channel).

Vous trouverez plus d'informations sur la *fiche RDS* intégrée en annexe.

## 2.9 Le réseau radiotéléphonique du METL

Le METL dispose de trois différents types de réseaux radiotéléphonique [8] et [9]. Ces réseaux sont destinés aux DDE et aux LACRA. On distingue :

**- Le réseau radiotéléphonique de servitude routier.**

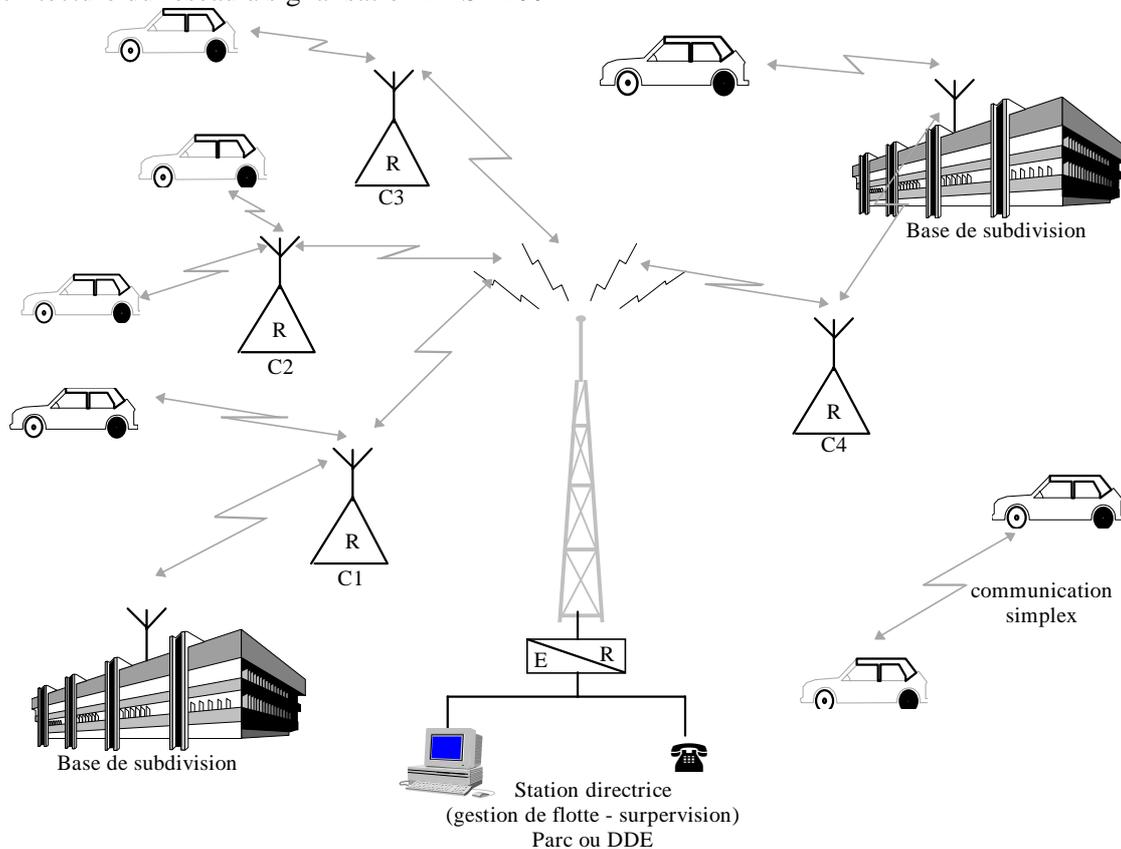
Ce réseau est national, mais découpé en "réseau de base" organisé par département, donc par DDE. La bande de fréquences utilisée est 35 - 41 MHz avec cinq exceptions (deux départements utilisant une bande dans les 80 MHz et trois autres utilisant une bande de fréquences dans les 150 MHz). La signalisation est entièrement analogique et le réseau permet, soit une communication de type simplex (une seule fréquence pour la communication), soit de type semi-simplex (deux fréquences : un pour le sens montant et l'autre pour le sens descendant).

Actuellement, le parc national est d'environ 850 relais et 22 000 émetteurs/récepteurs. Chaque DDE dispose d'un "réseau de base" constitué en moyenne de 8 relais et 220 émetteurs/récepteurs (190 mobiles et 30 bases).

**- Le réseau BIIS 1200 (Binary Interchange or Information and Signalling at 1200 bits/s)**

Il s'agit d'une modernisation des infrastructures des réseaux radio des DDE, mettant en œuvre une signalisation numérique à 1,2 kbit/s. L'utilisation de la norme BIIS 1200 permet de durcir le réseau contre les phénomènes de brouillage et d'en améliorer les fonctionnalités.

Architecture du réseau à signalisation BIIS 1200

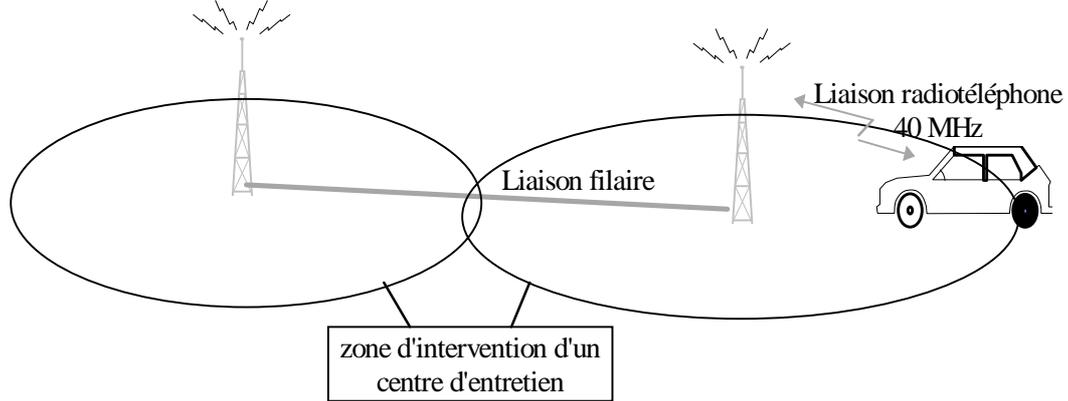


**- Le réseau des LACRA**

Le réseau mis en place sur les LACRA est dérivé de ceux utilisés par les concessionnaires d'autoroutes bâtis ROCADE (Relais Octroyant un Canal Automatiquement Exploitable). Afin de le rendre compatible aux spécificités des LACRA, l'implantation des relais coïncide avec les centres d'entretien responsable d'un tronçon d'une longueur de 50 km environ. Dans cette zone, les véhicules d'intervention partagent un seul canal. Les conversations sont donc entendues par tous, et il faut attendre la libération de la fréquence pour engager une autre conversation. Quand un véhicule quitte la zone de couverture correspondant à son centre d'entretien, il doit manuellement se connecter sur le relais suivant. Dans ce cas de figure, le centre d'entretien d'origine ne peut plus le joindre directement, et doit passer par l'intermédiaire du centre voisin, via un réseau filaire.

Nota : ce réseau possède aussi une passerelle vers le réseau de la DDE.

Architecture d'un réseau radiotéléphonique des LACRA :



Les relais de ces différents réseaux radio sont interconnectables soit par une architecture filaire, soit par un faisceau hertzien à 400 MHz.

**2.10 La radiomessagerie**

La messagerie reprend le concept de messages courts diffusés dans une cellule sur des pager aux normes RDS, POCSAG et ERMES [4].

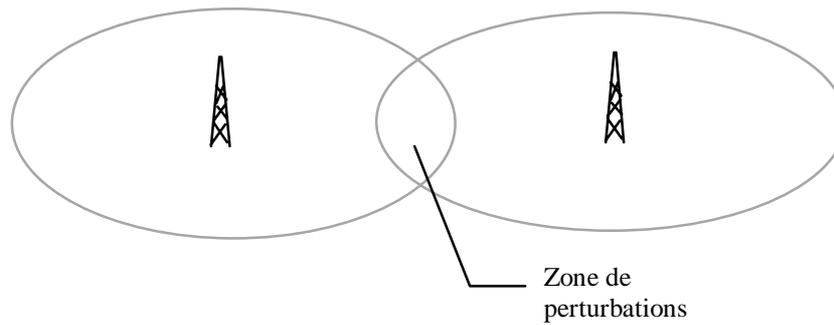
La radiomessagerie offre un lien descendant (de l'opérateur vers l'utilisateur), mais ne permet pas de sélectionner la zone d'émission du message. L'étendue de cette zone correspond (au minimum) à une région. C'est le point fort de la radiomessagerie qui permet de couvrir une large zone, afin d'augmenter la probabilité de joindre un utilisateur dont la position est, par définition, inconnue.

Caractéristiques :

Norme	Bande de fréquence	type de message	Débit brut
RDS	87,8 à 108 MHz (bande FM)	numérique - alphanumérique	1,2 kbits/s
POCSAG	466 MHz	numérique - alphanumérique	1,2 kbits/s
ERMES	169,4 à 169,8 MHz	alphanumérique	6,25 kbits/s

**2.11 La FM synchrone**

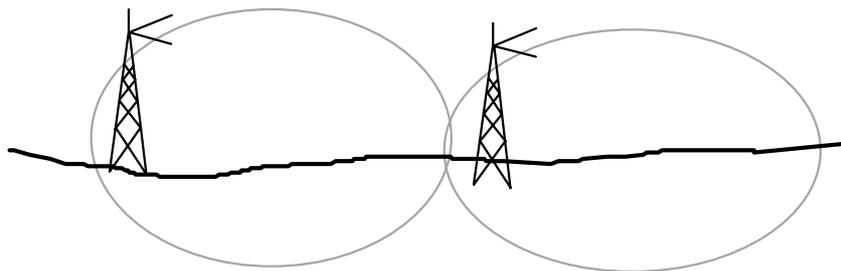
La FM synchrone (107,7 MHz) se caractérise par l'émission d'un programme FM sur une grande étendue géographique avec plusieurs émetteurs. Le problème inhérent à l'implantation de plusieurs émetteurs juxtaposés provient du recouvrement des fréquences. En fait, pour éviter les perturbations à la jonction des zones d'action de deux émetteurs, il faut utiliser des fréquences différentes.



Cette zone perturbée est due aux signaux issus des deux émetteurs qui arrivent déphasés (décalés dans le temps), en raison de distances différentes (propagation des ondes dans l'atmosphère), de la topologie du terrain et des phénomènes de réflexion.

Pour résoudre ce problème, il existe deux solutions :

- Utiliser le canal RDS pour recalibrer automatiquement l'autoradio sur la fréquence correspondant à l'émetteur suivant de la station écoutée. Cela implique que tous les usagers possèdent un récepteur RDS, ce qui n'est pas encore le cas.
- Créer une suite d'émetteurs de même fréquence : la radiodiffusion synchrone. Cette technique permet d'émettre sur une même fréquence en annulant la zone de perturbations. Pour cela, cette zone doit être la plus restreinte possible et les signaux captés doivent être parfaitement en phase les uns avec les autres. En fait, on utilise des émetteurs directionnels qui diminuent le recouvrement entre deux émetteurs.



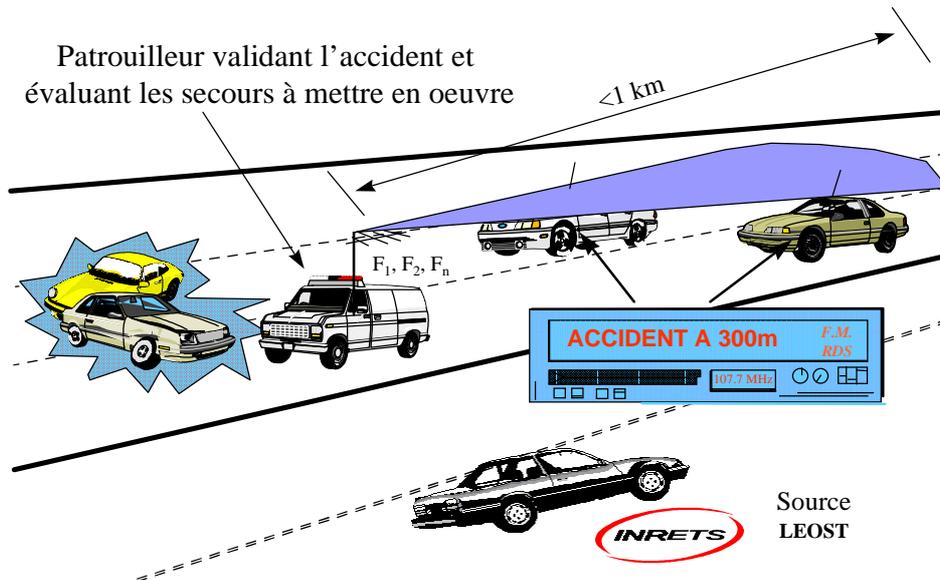
Cette méthode limite la zone de brouillage à quelques centaines de mètres, ce qui correspond à un laps de temps très réduit compte tenu de la vitesse de déplacement des mobiles.

## 2.12 La surémission radio

Le principe de la surémission radio est destiné à éviter des suraccidents en diffusant des messages d'alerte sur les autoradios. La surémission radio consiste à identifier les fréquences FM des émissions radio sur une zone donnée et à couvrir ces émissions par un signal directionnel beaucoup plus fort qui viendra se substituer au programme initial. La surémission concerne également le RDS, notamment le code TA (Traffic Announcement) qui permet de commuter un autoradio sur une émission info-traffic, d'afficher un message sur l'écran de l'autoradio ou d'augmenter le volume sonore. Le code TMC (Traffic Message Channel) est également utilisé afin de diffuser des informations de trafic. La probabilité que l'utilisateur intercepte le message d'alerte est d'autant plus importante qu'il dispose d'un récepteur RDS.

Le point d'émission serait un véhicule de patrouille équipé et présent au plus vite sur les lieux de l'incident. Le signal ainsi diffusé serait porteur d'informations routières concernant une zone restreinte à l'intention d'utilisateurs se dirigeant vers un incident. Le LÉOST de l'INRETS travaille actuellement sur ce sujet.

## Microcellule de diffusion d'informations F.M./RDS d'alerte validées



Voir en annexe l'article rédigé par M. HEDDEBAUT : *Appel d'urgence, localisation d'utilisateur en détresse et alerte rapide des conducteurs ; le concept de la téléborne d'appel d'urgence.*

### 2.13 La Citizen Band

La Citizen Band (CB) ou bande populaire est apparue au États Unis à la fin des années 1950. En France, la CB s'est surtout développée depuis les années 1970, bénéficiant d'un usage libre, mais régie par une norme référencée NF C 92-412. Elle fonctionne sur 40 canaux espacés de 10 kHz dans une bande de fréquences de 26,965 à 27,405 MHz et les matériels utilisés ne doivent pas excéder une puissance de 4 W. A l'usage, la CB autorise des communications half-duplex d'une portée de quelques kilomètres en milieu urbain à une trentaine de kilomètres en rase campagne.

### 3. Les apports de ces technologies pour les différentes fonctions

#### 3.1 La fonction transmission

##### 3.1.1 Transmission d'un appel d'urgence à l'aide d'un radiotéléphone GSM

La transmission d'un appel d'urgence devrait être un acte simple, avec une procédure bien définie. Les appels d'urgence (n° 15; 17; 18) passés depuis le réseau filaire fonctionnent bien, hormis le n° 112 (numéro d'appel d'urgence unique européen) qui était jusqu'à présent inaccessible en raison de l'existence du n° 11 (annuaire électronique). L'avènement des radiotéléphones (notamment les mobiles GSM) est venu modifier le contexte des appels d'urgence. Le caractère itinérant de ces matériels rend délicat l'acheminement de ces appels vers le bon destinataire. L'inadéquation entre la couverture des réseaux GSM et les contraintes de compétences administratives est la raison principale de ces dysfonctionnements. Par contre, le n° 112 prévu par la norme GSM fonctionne mais son rattachement à un service n'est pas parfaitement maîtrisé. Cette situation a fait l'objet d'une circulaire (voir en annexe) donnant aux préfets la responsabilité de se prononcer sur l'aboutissement de ce numéro : à suivre...

Les appels d'urgences émis depuis un radiotéléphone sont donc soumis à deux contraintes :

- l'implantation physique du réseau GSM,
- des directives administratives encore floues.

Avec l'explosion des ventes de mobiles, on constate que l'utilisation du radiotéléphone GSM pour transmettre des appels d'urgence se généralise, car, c'est un outil bien adapté à ce type d'appel, combinant la facilité d'utilisation avec une grande disponibilité. Sa facilité de manipulation développe le sens civique des usagers au point de constater que les appels en direction des forces de l'ordre, ou tous autres services de secours, ne sont pas seulement transmis par la personne en difficulté, mais aussi, par les témoins qui signalent l'événement. Cette démarche entraîne une multitude d'appels pour le même phénomène avec des risques de confusion sur le nombre et la nature du problème. De plus, comme nous l'avons évoqué dans le paragraphe 1.3 - *Les dispositifs actuels ; état des lieux*, les problèmes d'aiguillage des communications subsistent (principalement sur autoroute) : le réseau ne fait pas de nuance entre la zone géographique, la zone administrative et les différentes infrastructures routières. Ces difficultés sont en partie réglées pour le routage des appels vers le bon centre de réception, tandis que l'identification de l'infrastructure peut être réalisé en affectant des numéros d'appel spéciaux dédiés aux pelotons autoroutiers de gendarmerie. Ce dernier point éviterait de passer par l'intermédiaire de gendarmeries non habilitées à intervenir sur ce type d'infrastructure.

Le GSM offre également la possibilité de transmettre des données. Cela permet d'envoyer des informations de localisation obtenues par GPS, ou par tout autres procédé, mais aussi des informations relatives au véhicule et à la nature de l'incident.

Ce type de fonctionnements nécessite l'emploi d'un radiotéléphone solidaire du véhicule, car connecté à de multiples périphériques. Néanmoins, un dispositif "allégé" dédié aux fonctions d'appel d'urgence reste à examiner. Les fonctions minimales seront à évaluer en partenariat avec les services de secours. L'identification de l'appelant est assurée lors d'un appel par les informations contenues sur la carte SIM (Subscriber Identity Module). Cependant, certains numéros de secours (ex. : 112) sont accessibles sans que la carte SIM soit insérée au radiotéléphone. Les opérateurs GSM doivent faire aboutir les appels d'urgence, même les appels issus d'un mobile appartenant à un autre opérateur, si celui-ci n'est pas en mesure de les prendre en charge. Il en est de même pour les opérateurs DCS 1800 (Bouygues Télécom et France Télécom à Toulouse).

Dans tous les cas, la communication avec les mobiles GSM est bidirectionnelle et permet donc un accusé de réception indiquant la prise en compte et le traitement de la demande. Dans le cas d'une transmission vocale, le poste qui centralise les appels peut demander de plus amples renseignements sur la nature et la gravité de la situation.

### **3.1.2 Les DSRC utilisées pour la transmission d'appel d'urgence**

Les DSRC autorisent une communication bidirectionnelle avec un débit compris entre 250 kbits/s et 1Mbits/s, ce qui est amplement suffisant pour les besoins de l'application. L'utilisation des DSRC pour les appels d'urgence nécessiterait une implantation rapprochée de balises.

Dans l'hypothèse où les appels d'urgence transiteraient via les DSRC, on pourrait envisager qu'un même terminal embarqué soit utilisé pour les appels d'urgence et pour le télépéage. Cependant, alors que pour le télépéage, le télébadge est réveillé par l'infrastructure, il faudrait qu'il puisse être l'initiateur de l'appel d'urgence.

Etant donné la lourdeur de l'infrastructure à mettre en place, et les principes actuellement retenus par l'utilisation des DSRC pour le télépéage, cette hypothèse semble devoir être écartée.

### **3.1.3 Transmission d'un appel d'urgence par l'intermédiaire d'un poste d'appel d'urgence (PAU) équipé de balise radio**

Quand un usager déclenche un appel de détresse depuis son véhicule avec ce système, le PAU le plus proche est sollicité et se connecte au PC du poste de secours. En ce qui concerne le type de liaison radio, deux approches sont possibles : utiliser une technique déjà commercialisée ou en développer une. Notons que l'utilisation de balises radio sur les PAU est uniquement réalisable sur autoroute et ne résout en rien le problème sur RN et RD.

L'INRETS/LEOST a réalisé une expérimentation avec un dispositif permettant de transmettre de la voix, mais aussi des données avec l'utilisation d'un modem. Une évolution est donc envisageable vers un système à déclenchement automatique sur détection d'incident. Les essais actuellement réalisés sur un site privé ont démontré la faisabilité technique du concept.

Voir en annexe l'article rédigé par M. HEDDEBAUT : *Appel d'urgence, localisation d'usager en détresse et alerte rapide des conducteurs ; le concept de la téléborne d'appel d'urgence.*

### **3.1.4 Les réseaux radio privés, notamment de celui du METL**

Il s'agit avant tout de réseaux destinés aux exploitants d'infrastructures routières. Ces réseaux privés ne sont accessibles qu'aux personnels autorisés, mais en aucun cas aux usagers de la route. Ce moyen radio n'est donc pas utilisable dans le cas des appels d'urgence.

### **3.1.5 La Citizen Band**

La Citizen Band (CB) est un moyen de communication très usuel pour les automobilistes. La CB est largement utilisée par les usagers de la route pour prévenir l'ensemble des conducteurs d'un événement routier quelconque.

Le canal 9 est dédié aux appels de détresse, son écoute est effectuée par des bénévoles qui font suivre les messages reçus aux postes de secours.

## **3.2 La fonction localisation**

### **3.2.1 Les capacités de localisation à partir du réseau GSM**

Comme on l'a vu au paragraphe 2.1.3, les réseaux GSM sont munis de deux bases de données intégrant des informations sur la localisation des mobiles (Registres VLR et HLR). Cependant, ces informations offrent une précision au niveau de la zone d'action d'un BSC (soit une zone de plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>), ce qui réduit les possibilités d'exploitation de ces registres à des fins de localisation d'incident. Actuellement, les opérateurs ne fournissent pas ce type d'information, mais cela pourrait leur être demandé pour certains types d'appels. Ces informations pourraient être optimisées par de nouveaux logiciels permettant une localisation au niveau de la cellule.

Comme l'exploitation des registres VLR n'est pas suffisante pour la localisation d'incident routier, la méthode de triangulation à partir du réseau GSM pourrait offrir une autre source de renseignements. Cette solution reste encore à finaliser et à expérimenter, car, même en disposant de trois stations de base pour effectuer la triangulation, la localisation d'un mobile GSM ne permettra pas de déterminer sur quelle infrastructure se trouve le véhicule (ex. : infrastructures parallèles telle qu'une autoroute longue par une nationale) ni son sens de circulation. Dans l'hypothèse où le véhicule est en mouvement, il est toujours possible d'effectuer un suivi de l'évolution du code TA, mais a priori, un usager qui émet un appel d'urgence est généralement arrêté pour cause de défaillance mécanique ou pour accident. Une autre méthode susceptible de fournir le sens de progression d'un véhicule serait de comparer la dernière position connue avec la localisation actuelle. Cela signifie la création d'un fichier pour le traçage des mobiles avec de fortes contraintes relatives à la liberté individuelle, à moins que ce travail soit effectué au niveau du mobile.

La localisation par GSM est actuellement discutable en raison de la précision escomptée ; des industriels américains s'orientent vers ce type de solution, et comptent obtenir une précision de 125 m.

### **3.2.2 Utilisation du service MOBILOC pour localiser un appel d'urgence**

Le service Mobiloc est actuellement disponible en région Île de France et sur une partie de la ville de Nantes. Ce service est destiné au suivi de flotte avec positionnement des mobiles dans les zones urbaines. Cependant, sa faible couverture ne lui permet pas aujourd'hui d'être retenu dans le cadre des appels d'urgence ; de plus, MOBILOC nécessite un coûteux appareillage qui exclut de le déployer à grande échelle alors qu'il existe déjà d'autres infrastructures.

### **3.2.3 Application du GPS pour la localisation d'un mobile lors d'un appel d'urgence**

Pratiquement tous les systèmes ayant besoin d'une fonction localisation, sont aujourd'hui basés sur le GPS. Même en région parisienne où le service Mobiloc (positionnement par balises radio) est disponible, les flottes de taxis utilisent le GPS pour gérer leurs courses. Les applications routières utilisant un GPS sont principalement des équipements de navigation développés par des constructeurs comme Siemens, Philips, Sagem...

Ces systèmes de navigation utilisent également une autre technique en complément du GPS : le map-matching. Le principe de cette technique est d'associer le GPS à un système informatique géographique (SIG) embarqué représentant une carte routière complète. Le système est initialisé avec les coordonnées issues du GPS et en localisant le véhicule sur un axe particulier (avec intervention manuelle), puis la position du véhicule est actualisée par des dispositifs cinématiques complémentaires (odomètre, gyromètre...). A intervalle régulier le GPS fournit une position qui sert à corriger les dérives possibles de l'odomètre. Le couplage de toutes ces techniques autorise une meilleure localisation du véhicule, avec une précision annoncée de 10 à 20 m.

La fonction de localisation pour les appels d'urgence ne nécessite pas systématiquement une précision aussi fine, mais avec cet appareil on serait en mesure de déterminer le sens de progression et la voie circulée sur autoroute. Utiliser des données issues des systèmes d'aide à la navigation serait sans aucun doute le moyen le plus avantageux pour l'application envisagée. Cependant, il est possible d'utiliser un GPS seul avec une précision suffisante pour l'application appel d'urgence. Le sens de déplacement du mobile peut être déterminé par la mémorisation des dernières positions du véhicule, ce qui résout les problèmes liés à la voie empruntée sur les chaussées séparées. La grande difficulté sera de différencier le réseau routier lorsque deux voies sont proches.

L'obstacle principal à l'utilisation du GPS pour les appels d'urgence se situe principalement dans le coût de cet équipement, qui reste élevé pour une utilisation aussi réduite. Par contre un couplage avec d'autres fonctionnalités permettrait de bénéficier de cet outil sans engendrer un surcoût.

### **3.2.4 Les apports des DSRC pour la localisation d'un mobile**

Parallèlement à leurs capacités de transmission, les DSRC offrent une possibilité de localisation, car la portée relativement réduite de ce type de liaison permet d'établir une relation entre la balise fixe et le mobile appelant.

### **3.2.5 Localisation d'un mobile par l'intermédiaire des postes d'appel d'urgence**

L'interconnexion des balises radio avec les PAU, donc à un lieu précis, peut certainement améliorer la localisation d'un véhicule. La précision de la position du véhicule serait donc définie par une zone d'un kilomètre de part et d'autre du PAU ayant acheminé l'appel. Par contre, définir le sens de circulation reste un problème encore non résolu, néanmoins, l'INRETS/LÉOST étudie des solutions.

## **3.3 La fonction gestion des appels**

La gestion des appels est essentielle pour assurer un service d'appel d'urgence ; deux fonctions sont nécessaires :

#### **- Le routage des appels**

Le routage des appels consiste de la part des opérateurs à bien orienter les appels d'urgence vers un standard adéquat prédéfini en fonction de la position du mobile (la zone de localisation correspondant au champ d'action d'un BSC).

#### **- La capacité à récupérer les informations transmises**

⇒ Les données numériques : les équipements de réception doivent être capables d'exploiter la richesse des informations issues d'un dispositif d'appel d'urgence sophistiqué. Cela est particulièrement important dans le cas de transmissions de données qui doivent être intégrées dans les outils informatiques (cartographie,...).

⇒ Les communications vocales : avec l'expérience, le personnel réceptionnant les appels d'urgence a appris à gérer les situations de crises et à obtenir de la part des appelants suffisamment d'informations pour pouvoir intervenir dans des conditions correctes.

## **3.4 La fonction alerte / informations aux usagers**

### **3.4.1 Diffusion d'informations aux usagers par GSM**

Le GSM offre la possibilité de diffuser des messages courts aux mobiles présents dans une cellule. Ce vecteur pourrait être utilisé pour avertir les usagers de la proximité d'un danger. Cela devrait faire l'objet d'accords entre les opérateurs GSM, et les centres détenteurs de l'informations routières.

### **3.4.2 Diffusion d'informations aux usagers sur un lien à courte portée (DSRC)**

Les DSRC permettent des transmissions bidirectionnelles avec un débit pouvant aller jusqu'à 1 Mbits/s, et une distance de communication comprise entre 1 et 100 m.

Le télépéage est une application utilisant un lien courte portée DSRC qui opère lorsque l'on entre ou que l'on sort d'une infrastructure autoroutière concédée. Les caractéristiques de cette application autorisent un débit compris entre 250 et 500 kbits/s dans une zone de dialogue de 10 à 20 m.

Cette faible envergure de communication autoriserait une localisation très précise des véhicules et permettrait de donner une information très localisée. Par contre, les messages doivent être en rapport avec les capacités d'émission, car à une vitesse de déplacement de 130 km/h (soit 36 m/s) le volume de données transmis avec 500 kbits/s sera faible (quelques dizaines de kbits). Les messages devront

donc être codés comme le sont actuellement ceux transmis par le RDS/TMC avec le dictionnaire de description des données (Alert C) et avec le dictionnaire état (Alert +).  
Les capacités offertes par les DSRC font l'objet d'une étude séparée.

### **3.4.3 Le warning électronique**

Le warning électronique est conçu pour avertir les usagers de la présence d'un danger imminent. A l'approche de la zone affectée par l'incident, il permet d'informer l'ensemble des usagers (concept du Vigilant), de faire remonter une information de véhicule à véhicule ou par l'intermédiaire de l'infrastructure (concept AIDA). Pour caractériser son fonctionnement, il faudra définir la technologie utilisée pour établir cette liaison (DSRC, infrarouge...), et la portée de la liaison (au moins équivalente à la distance d'arrêt d'un véhicule à une vitesse donnée).

Dédié à la fonction d'alerte, le warning électronique pose le problème de la vérification puis de la validation de l'information propagée.

### **3.4.4 Diffusion d'information aux usagers par l'intermédiaire des postes d'appel d'urgence équipés de balises radio**

A partir d'un RAU équipé de balises radio il est possible de diffuser une information vocale en direction des mobiles circulants au niveau d'un PAU. Le gestionnaire du réseau est en mesure de sélectionner et d'appeler les PAU d'une zone afin de diffuser via les balises radio un message d'alerte. Néanmoins, des difficultés sont à prévoir car une émission issue de plusieurs émetteurs (balises radio) utilisant la même fréquence engendre des risques de brouillage. Ce phénomène reste acceptable car il s'agit de messages peu fréquents, de courte durée, dont le confort d'écoute passe au plan secondaire. Par contre, il faudra que les transmetteurs (émetteur/récepteur) installés dans les véhicules soient constamment à l'écoute, ou "réveillés" par un signal plus fort issu des PAU, comme le sont les transpondeurs du télépéage.

Ce moyen d'alerte est à mettre en parallèle avec les systèmes de flash sur PAU et autres balises clignotantes ayant une fonction similaire, mais qui s'appuient sur une information visuelle ne nécessitant aucun appareillage embarqué.

### **3.4.5 Le RDS**

Le RDS permet avant tout d'agir sur l'autoradio afin de diffuser une émission ou un flash d'info-traffic. Parmi les possibilités offertes par le RDS on trouve : le basculement automatique de l'autoradio (du mode lecteur de cassette à tuner) ou l'augmentation du niveau sonore lors de l'émission d'un message trafic. Ces fonctions sont accessibles à condition que l'utilisateur ait sélectionné le mode approprié sur son autoradio.

Le RDS/TMC permet de transmettre des données précises sur les événements routiers et sur les conditions de circulations, mais il s'adresse encore à un petit nombre d'équipement (terminaux Médiamobile de guidage dynamique avec information routière en temps réel).

### **3.4.6 Les réseaux radio privés, notamment de celui du METL**

Etant donné que les usagers n'ont pas accès à ce type de réseaux, la diffusion de messages d'alerte sur ce vecteur ne peut être destinée qu'aux personnels d'exploitation, afin d'envoyer un véhicule de patrouille pour baliser le lieu de l'incident.

### **3.4.7 La radiomessagerie**

La radiomessagerie est une technique utilisable pour alerter des automobilistes de la présence d'un danger, mais cette technique n'est pas conçue pour cibler géographiquement les destinataires, car il ne semble pas faisable d'émettre sur une zone réduite correspondant à un incident routier. Hormis le fait

de ne pas être flexible, cette méthode d'alerte nécessiterait de développer des accords avec les opérateurs.

En raison de toutes ces contraintes, la radiomessagerie ne correspond pas à un système utilisable pour la fonction d'alerte.

### **3.4.8 La FM synchrone**

Cette technique repose sur un réseau d'émetteurs FM qui diffusent un même programme sur une même fréquence le long d'une infrastructure. Ce type de réseau est géré par le gestionnaire de l'infrastructure ou par le biais d'accords avec un diffuseur.

En principe, la même émission est diffusée tout le long du réseau, cependant, la *Sanef* offre la possibilité de dissocier les émetteurs (tous ne diffusent pas la même information et permettent de cibler une zone particulière de quelques kilomètres pour émettre un message d'alerte).

### **3.4.9 La surémission radio**

L'INRETS/LEOST a développé un démonstrateur illustrant ce principe. Un véhicule d'intervention ou de patrouille arrivé sur les lieux de l'incident, repère les fréquences utilisées par les émissions radiodiffusées. Après estimation du danger, le patrouilleur peut utiliser un émetteur embarqué muni d'antennes directives pour lancer sur les fréquences préalablement repérées, un message d'alerte prédéfini avec une puissance suffisante pour couvrir les émissions radio normalement diffusées. Le système a également la possibilité d'émettre des données RDS pour commuter les autoratios (ou toutes autres fonctions disponibles), mais aussi des données RDS/TMC en direction des appareils capables de les recevoir.

Voir en annexe l'article rédigé par M. HEDDEBAUT : *Appel d'urgence, localisation d'usager en détresse et alerte rapide des conducteurs ; le concept de la téléborne d'appel d'urgence.*

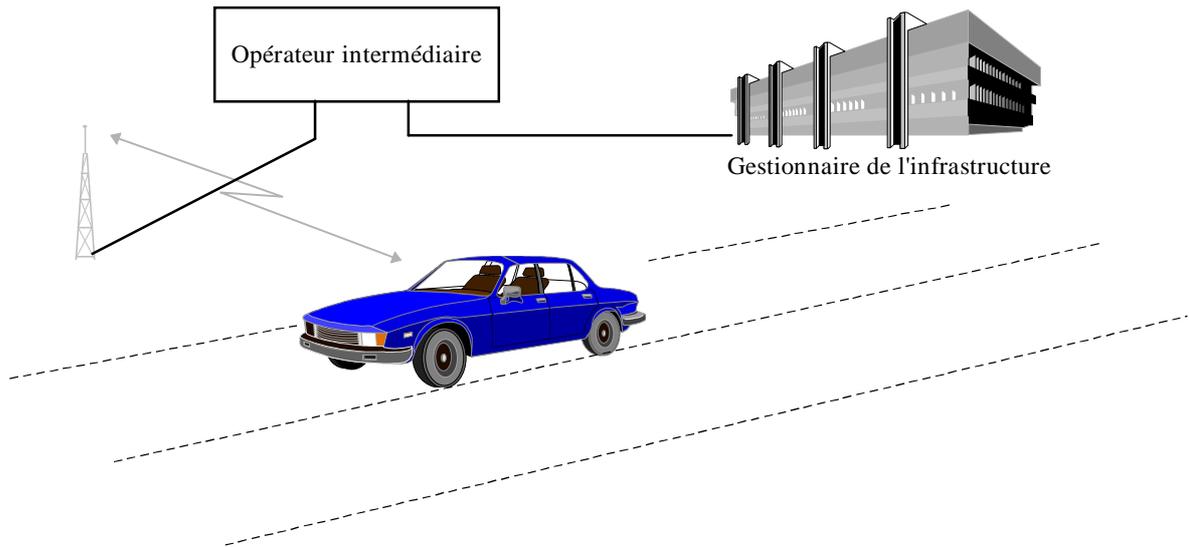
### **3.4.10 La Citizen Band**

Ce moyen de communication est largement utilisé par les usagers de la route pour informer les autres conducteurs circulant à proximité (jusqu'à 30 km en zone dégagée) d'un danger quelconque. Face aux sources d'informations officielles, la CB fonctionne très bien et avec rapidité, suite à un événement survenant sur le réseau routier. Le succès de la CB repose certainement sur le fait qu'elle permet de diffuser une information locale qui concerne directement les automobilistes qui la captent. Cependant, la crédibilité des annonces n'est pas garantie et difficultés d'audition confèrent aux postes CB un confort d'écoute précaire.

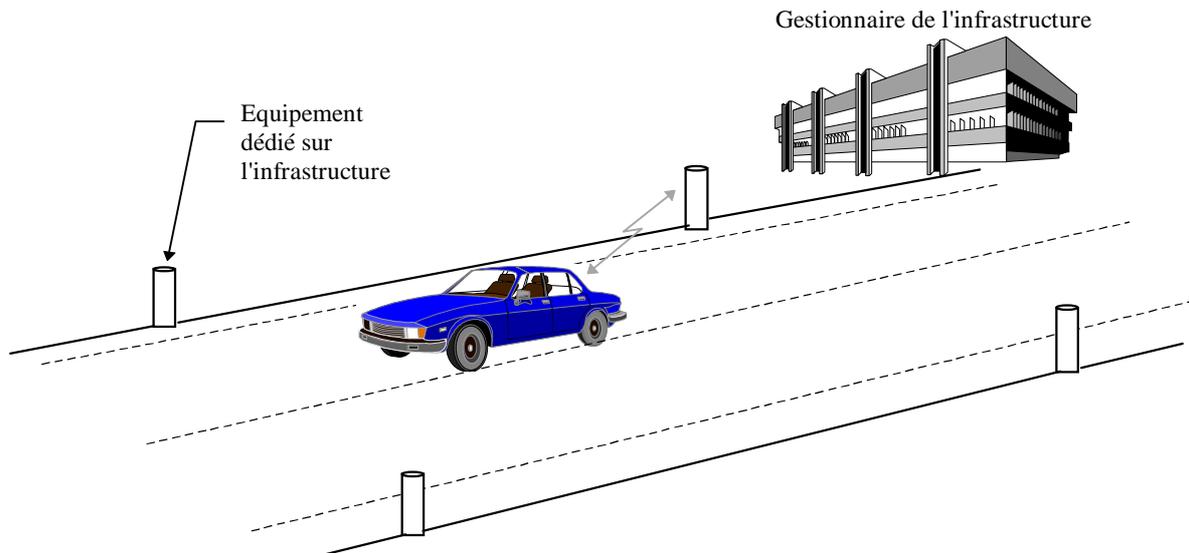
## **3.5 Les architectures possibles**

Deux types d'architecture sont envisageables :

- La première architecture fonctionne sur tout type de réseau routier. Il s'agit d'une approche globale bâtie sur des réseaux de communication nationaux (ex. : GSM).



- La seconde architecture est uniquement utilisable sur les réseaux spécifiquement équipés. Elle met en œuvre des liaisons radio spécifique comme par exemple les liaisons courtes portée (DSRC) et pourrait supporter des fonctionnalités plus étendues que dans le cas précédent.



La décision en faveur d'une architecture par rapport à l'autre doit être pondérée par différents facteurs. On distingue :

Architecture indépendante de l'infrastructure routière	Architecture liée à des équipements de l'infrastructure routière
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'équipement à déployer le long de l'infrastructure</li> <li>• Service accessible sur tout le réseau</li> <li>• Localisation approximative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Équipements à déployer sur l'infrastructure</li> <li>• Service accessible sur les seules infrastructures équipées (autoroutes, grands axes...)</li> <li>• Localisation aisée</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Routage des appels plus complexe</li> <li>• Nécessité d'accords entre les gestionnaires d'infrastructures routières et les opérateurs de télécommunication et/ou de services</li> <li>• L'équipement embarqué nécessaire peut être multifonctions ou d'usage courant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de problème de routage des appels</li> <li>• Le gestionnaire d'infrastructure peut assumer le service de façon autonome</li> <li>• L'équipement embarqué et dédié à l'application, ou à un bouquet de services géré par le gestionnaire de l'infrastructure (télépéage...)</li> </ul>
--	--

Néanmoins, les deux types d'architecture peuvent cohabiter.

### 3.6 Bilan sur les technologies examinées

Le tableau ci-après récapitule les capacités de chaque technologie pour satisfaire aux besoins des trois fonctions identifiées dans la gestion des appels d'urgence et de l'alerte

Techniques		Fonctions		
		Transmission (des appels d'urgence)	Localisation (de l'appelant)	Alerte / Informations aux usagers
Radiotéléphone GSM		Bien adapté voix/données - Bidirectionnelle - Appels prioritaires possibles - Voix / données	- Localisation possible dans une cellule • Cellule (30 km) - Localisation par triangulation et suivi de mobile à étudier • Sens de déplacement : mémorisation des dernières zones de présence du mobile • Triangulation (> 100 m) - par le réseau - par le mobile	Possibilité d'émettre des messages courts aux mobiles présents dans une cellule : - à un mobile particulier, - à un groupe de mobile dans une zone
Mobiloc		Sans objet	- Précision 10 m - Service opérationnel en région Parisienne	Sans objet
Localisation GPS		Sans objet	Bonne précision de localisation ( $\approx 100$ m) mais ne fait pas la différence entre les différents types d'infrastructure ni le sens de circulation	Sans objet
DSRC	Généralités	- Bidirectionnelle - Voix (à vérifier) - Données	Bonne précision de localisation avec identification de la voie circulée mais uniquement sur infrastructures équipées	Très bien adapté mais nécessite une infrastructure équipée
	Télépéage	- Aux barrières de péage - En linéaire : si infrastructure DSRC compatible	- Possibilité de calculer le sens de déplacement	- Possibilité aux barrières de péage. - En linéaire : à voir
	AIDA	Possible si balise émetteur/récepteur à proximité	Au niveau de la balise émetteur/récepteur	Analyse de l'environnement routier autour du véhicule
Warning électronique	Vigilant	Sans objet	Sans objet	Réception d'un signal d'alerte
	Transmission de VL à VL	Sans objet	Sans objet	Réception d'un signal d'alerte issu des véhicules précédents
RDS		Sans objet	Sans objet	Possibilité d'émettre des messages d'information routière : RDS-TA

			RDS-TMC
Radiomessagerie	Sans objet	Sans objet	Diffusion de messages à caractère d'alerte mais sur une large zone
FM synchrone	Sans objet	Sans objet	Diffusion d'informations liées aux conditions et aux événements routiers
Surémission radio	Sans objet	Sans objet	Émission d'informations pour traiter un incident local
La CB	Le canal 9 est prévu pour des appels de détresse	Sans objet	Diffusion d'informations locales sur des événements routiers (canal 19)
Balises radio sur PAU	- Bidirectionnelle - Transmission vocale - Transmission de données	Autour d'un PAU mais risque de ne pas déterminer le sens de circulation	Faisabilité à démontrer

## 4. Ergonomie, coût et marché

### 4.1 Ergonomie des dispositifs d'appel d'urgence et d'alerte

Que ce soit pour l'émission d'un appel d'urgence ou pour la réception d'un message d'alerte, les aspects ergonomie et sécurité doivent être pris en compte dès la conception des futurs systèmes, en particulier vis à vis de leur utilisation en situation de conduite.

S'agissant de systèmes destinés à améliorer la sécurité, ils ne doivent pas introduire de risques supplémentaires par exemple en monopolisant l'attention du conducteur d'une façon incompatible avec la conduite.

En règle générale, il est indispensable de se rapprocher de laboratoires spécialisés comme ceux de l'INRETS, sans oublier les associations de personnes à mobilité réduite, car il faut constater qu'actuellement les PAU leur sont souvent inaccessibles. Ils sont également inexploitable par les malentendants. Parmi ces organismes on peut citer le COLITRAH qui représente les personnes à mobilités réduites. Notons qu'un rapport de stage a fait l'objet d'un document intitulé : "*Étude ergonomique d'une interface utilisateur : le poste d'appel d'urgence*" disponible au CERTU et au SETRA [7]. D'autres travaux concernant l'impact sur la sécurité des téléphones de voiture [10] et des systèmes d'aide à la conduite [11] ont également été menés par l'INRETS.

### 4.2 Les coûts

Il semble acquis que le développement d'un RAU sur tous les réseaux routiers est improbable car trop coûteux. Même si la sécurité n'a pas de prix, le coût d'une amélioration du service d'assistance ne peut certainement pas être supporté par les seuls gestionnaires d'infrastructures, qu'ils soient concessionnaires d'autoroutes, état ou région. Le coût d'un tel dispositif doit donc être réparti équitablement entre les usagers et les gestionnaires, mais sans être prohibitif au risque de ne pas être adopté par le public.

Au-delà de la volonté de mettre en œuvre une application, le facteur coût est un élément essentiel pour évaluer la faisabilité d'un projet. Dans le cas présent, le coût serait supporté en grande partie par les usagers qui devront acquérir le matériel adéquat. La généralisation du GSM en fait un produit grand public, dont la progression commerciale semble se concentrer sur les mobiles 2 W, qui par définition ne sont pas solidaires d'un véhicule donc peu exploitable dans notre application. Une autre option serait d'intégrer aux véhicules un mobile GSM "allégé" couplé à des capteurs pour alimenter un fichier interne, et muni d'une ou deux touches pour se connecter directement aux postes de secours. Selon la touche actionnée, il serait possible d'identifier un problème matériel ou une demande d'assistance sanitaire.

Sans tenir compte des offres globales (radiotéléphone + abonnement) qui faussent le marché, le prix moyen d'un portable GSM oscille autour de 1000/3000 F. On peut donc estimer le coût d'un dispositif dépourvu de toutes les fonctions d'un radiotéléphone normal (mémoires, répertoire...) très inférieur à ces tarifs. Les informations nécessaires permettant d'identifier le véhicule pourraient trouver leur place sur une carte similaire à la carte SIM ou dans un circuit intégré fixe (ROM, EPROM...). Diffusé en grande série, et intégré d'origine dans les véhicules, le coût de ce type d'appareil peut raisonnablement être considéré comme marginal. À l'image du service universel confié à France Télécom pour le téléphone filaire, on peut imaginer un service universel pour ce type d'appel confié à un opérateur sans nécessiter d'abonnement ni facturation de la communication.

Avec la généralisation des systèmes embarqués tels que l'aide à la navigation, la majorité des fonctions nécessaires à un dispositif d'appel d'urgence seront forcément développées. Après une phase de normalisation indispensable pour spécifier la compatibilité des interfaces entre tous ces éléments, le développement de ce dispositif à bord des véhicules se résumerait à du câblage. Le coût deviendrait alors très compétitif et accessible au plus grand nombre.

Estimatif de coût suivant les matériels :

GSM	.....	entre 1000 et 3000 F
GPS	.....	entre 1000 et 10000 F
Récepteur RDS (autoratio)		entre 1000 et 2000 F
Matériel CB	.....	entre 600 et 2000 F
Warning électronique "Vigilant"	.....	500 F
Kit SAGEM	.....	4000 F

(voir en annexe : fiche sur le dispositif d'appel d'urgence SAGEM)

### 4.3 Marché

La connaissance du niveau d'équipement en matière de radiotéléphone et d'éléments de sécurité dans les véhicules peut être un bon indicateur des possibilités d'émergence d'un système d'appel d'urgence. Le taux d'équipement des infrastructures (par types d'axes) en PAU et l'évolution de leur utilisation est un paramètre important pour évaluer une tendance de la demande future et valider de la sorte la pertinence d'un système d'appel d'urgence évolué.

Le tableau ci-dessous reprend ces principaux éléments mais reste à compléter.

	1995	1996	Évolution en %
Abonnés au radiotéléphone Source DGPT	1340400 au 31/01/96	2462700 au 31/12/96	↗ 83,5 %
Nombre d'appels d'urgence émis depuis un GSM			
Nombre d'appels d'urgence émis depuis un PAU			
Taux d'équipement des RN en PAU			
Taux d'équipement des VL neuves en airbag (en série+option)			
Taux d'équipement des VL neuves en ABS (en série+option)			
Pénétration de systèmes d'aide à la navigation			

Dans l'hypothèse où ce type d'équipement ne serait pas adopté par les usagers, il est concevable de rendre obligatoire un équipement minimal au même titre que les ceintures de sécurité....

## 5. Liste de contacts

### Recherche

INRETS/LÉOST (Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports)  
20 rue Éliassée Reclus - 59650 VILLENEUVE-D'ASQ  
Contact : Monsieur HEDDEBAUT Marc - tél : 03.20.43.83.13 - fax : 03.20.43.83.59

INREST/LPC (Laboratoire de la Psychologie de la Conduite)  
2 avenue du Général Malleret Joinville - 94114 ARCUEIL Cedex

INRETS/LESCO (Laboratoire Ergonomie Santé Confort)  
109 avenue Salvador Allende - 69675 BRON Cedex

COLITRAH (organisme représentant les personnes à mobilités réduites)  
34 avenue Marceaux - 75008 PARIS Cedex  
Contact : Madame BACHELIER - tél : 01.47.23.01.25 - fax : 01.47.20.39.22

CNET (Centre National d'Études des communications/PAB/SRM)  
Groupement "Services et Réseaux de communications avec les mobiles"  
38-40 rue du général Leclec - 92131 ISSY-LES-MOULINEAUS Cedex  
Contact : Madame HAMANT Sylvie - tél. : 01.45.29.68.15 - fax : 01.45.29.43.99

CCETT  
4 rue du Clos Courtel - B.P. 59 - 35512 CESSON-SÉVIGNÉ Cedex  
tél. : 02.99.12.41.11 - fax : 02.99.12.40.98

### Industriels

Renault / Direction de la Recherche  
9-11 avenue du 18 juin 1940 - 92500 RUEIL MALMAISON  
Contact : Monsieur VALADE Jean-Michel - tél : 01.41.96.19.05 - fax : 01.41.96.16.18

PSA  
Route de Gisy  
78140 VELIZYVILLACOUBLAY  
Contact : Monsieur RAULT André - tél : 01.41.36.26.97 - fax : 01.41.36.40.11  
Monsieur VASSAL Gérard - tél : 01.41.36.38.81 - fax : 01.41.36.21.77

Inventeur du Vigilant : Monsieur BAGGIO Jean-Marc & Monsieur KREBS Serge  
24 avenue Corneille - 57 360 Amméville  
Tél. : 03 87 70 34 99 - Mob. : 06 11 21 36 05 - Fax : 03 87 58 31 27

### Opérateurs

France Télécom Mobile  
41-45 boulevard Romain Rolland - 75672 PARIS Cedex 14  
tél : 01.55.22.22.22 - fax : 01.55.22.25.50

SFR  
35 boulevard Brune - B.P. 108 - 75014 PARIS  
tél : 01.40.44.34.34 - fax : 01.40.44.40.35

STNMTE - Département Transmissions  
12 route de Stains - B.P. 12 - 94381 BONNEIL-SUR-MARNES Cedex  
tél : 01.45.13.53.00

Cette liste n'est pas exhaustive.

## 6. Bibliographie

- [1] Étude et réalisation d'un dispositif de localisation de mobiles terrestres fondé sur l'utilisation des signaux de stations fixes d'un réseau de radiotéléphone pan européen GSM et d'émetteurs de radiodiffusion existants. *réf : 96-018N*  
Charles Tatkeu (doctorant en troisième année de thèse) ; INRETS/LÉOST
- [2] Réseaux GSM-DCS / collection réseaux et télécommunications  
Xavier Lagrange, Philippe Godlewski, Sami Tabbane ; HERMES ; 1996 ; 360 p.
- [3] Télématique routière et normalisation  
SETRA - BNEVT, 1996, 110 p.
- [4] Le sans-fil, pour la voix pour les données  
CERTU, 1996, 90 p.
- [5] Revue TEC (Transport Environnement Circulation)  
N° 139 - novembre/décembre 1996 (spécial congrès ITS Orlando)  
article : *Le problème de l'alerte et son incidence sur la sécurité* par Guy FREMONT (COFIROUTE)
- [6] Actes d'Orlando 1996 : Troisième congrès annuel sur les systèmes de transports intelligents  
*The accurate location of mobile telephones* par : C.R. Drane - M. Mac Naughtan - C.A. Scott
- [7] Étude ergonomique d'une interface utilisateur : le poste d'appel d'urgence / Utilisation du PAU par des personnes en situation de handicap de communication  
Luciano Ojeda (stagiaire-ergonome) ; 1994.
- [8] Gestion des fréquences et réseaux  
STNMTE, 1993
- [9] Développement industriel des matériels de radiocommunication  
STNMTE, 1993
- [10] Impact de l'utilisation du téléphone de voiture sur la sécurité routière. Approche expérimentale en conditions réelles de circulation  
INRETS/LESCO  
Convention DSCR/INRETS N°94 41039 00 223 75  
1995-10 145p  
Cote : BR-LESCO9510  
Editeur : INRETS
- [11] Article : Les systèmes d'aide à la conduite assistance effective ou perturbation potentielle pour le conducteur âgé ?  
INRETS/LESCO  
1995-06 P131-49  
Cote : BR-UTN0062  
Editeur : Presses Universitaires de France
- [12] Norme DSRC
- [13] Note : Télématique et sécurité routière - Vers un renouveau des appels d'urgence et de détresse  
Claude Caubet - SETRA/CSTR ; avril 1997

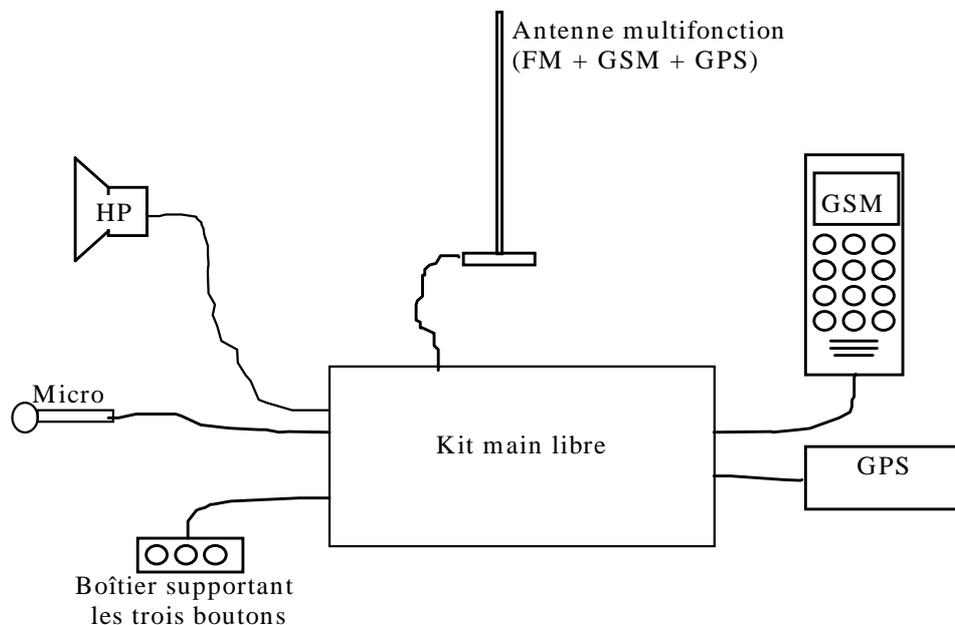
## 7. Annexes

- ↗ Fiche CERTU : RDS (Radio Data System)
- ↗ Fiche CERTU : GPS (Global Positioning System)
- ↗ Extrait du journal officiel du 7 mai 1995 : *Circulaire du 21 avril 1995 relative à la mise en place du 112, numéro de téléphone d'urgence unique européen.*
- ↗ Revue Inside ITS - 17 juin 1996  
article : *Comcast to test system to locate 911 cellular calls*
- ↗ Appel d'urgence, localisation d'usagers en détresse et alerte rapide des conducteurs ; Le concept de téléborne d'appel d'urgence.  
M.HEDDEBAUT - INRETS/LÉOST
- ↗ Fiche sur le dispositif d'appel d'urgence SAGEM
- ↗ Fiche sur le Vigilant

## Fiche sur le dispositif d'appel d'urgence SAGEM

Lors d'une réunion entre les divers acteurs de la chaîne de secours (SAMU, gendarmerie, santé), SAGEM a présenté un système d'appel d'urgence avec localisation du véhicule. Le système est composé d'un radiotéléphone, d'un GPS et d'un kit main libre.

Le radiotéléphone offre des fonctions usuelles, mais un petit boîtier supportant trois boutons est fixé au tableau de bord. Ce bouton donne accès aux fonctions d'appel d'urgence avec la différenciation entre les incidents mécaniques, les accidents et les demandes d'informations.



**Fonctionnement** : lorsque l'utilisateur presse un des trois boutons, le GSM se connecte automatiquement sur un numéro prédéfini et émet la position du véhicule issue du GPS, le numéro du mobile appelant ainsi que la nature de l'appel (indiquée sur quel bouton a été enclenché). Au PC, un opérateur reçoit l'information et rappelle l'utilisateur pour avoir de plus amples renseignements et lancer les secours appropriés.

Le numéro composé, peut être un numéro d'urgence ou le numéro d'un service spécialisé dans la gestion des appels d'urgence.

Les différents acteurs présents lors de cette démonstration ont tous réagi contre le mode de fonctionnement du système, estimant que le rappel des mobiles était ingérable. Les représentants de SAGEM ont précisé qu'il ne s'agissait que d'une maquette, et que l'appel pouvait aussi bien se dérouler en vocal, avec en parallèle, une transmission des données. La précision escomptée avec le GPS est de  $\pm 50$  m. Ce système s'inscrit parfaitement dans les réflexions sur l'appel d'urgence et mérite d'être pris en compte.

Il convient également de noter que certains constructeurs de mobile se lancent dans la réalisation de radiotéléphones intégrant un récepteur GPS. Si cette tendance s'affirme, les problèmes liés à la localisation des mobiles seront résolus, à condition que le coût de l'équipement ne soit pas trop élevé.

## Fiche sur le Vigilant

Le Vigilant est un autre concept de warning électronique, aujourd'hui à l'état de maquette. Ayant breveté le concept, ses deux inventeurs seraient favorables à une expérimentation afin d'évaluer et faire connaître le produit. Ce concept diffère du précédent, car un seul véhicule émet un signal d'alerte, avec une zone de couverture suffisante pour atteindre tous les usagers susceptibles d'être intéressés par l'information.

Le Vigilant en démonstration est réalisé à partir de télécommandes de porte de garage. Les prototypes n'ont qu'une faible portée, mais le principe est indépendant de la gamme de fréquences utilisée. Il serait envisageable d'utiliser les fréquences d'usage libre 433 MHz (norme I-ETS 300-220).

Le Vigilant est toujours en mode réception, prêt à intercepter le signal provenant d'un autre appareil similaire. Le Vigilant n'a aucune restriction d'usage, son rôle est d'accroître la vigilance du conducteur à l'approche d'un point potentiellement dangereux.

Le champ d'action du Vigilant est de 1 km afin d'avertir suffisamment tôt l'ensemble des usagers, sans pour autant perturber ceux qui sont trop loin, donc non concernés par l'incident.

Plus on se rapproche d'un Vigilant en position d'émission, plus la fréquence du signal sonore restitué augmente. Le principe repose sur une relation entre l'amplitude du signal reçu et la fréquence du signal sonore. Les inventeurs ont également pensé à coder le signal, afin de différencier les causes de déclenchement (accident, panne...).

Le déclenchement peut indifféremment se faire de manière manuelle ou automatique avec détection de choc, incendie... Dans les deux cas, les feux de détresse sont automatiquement actionnés. A contrario, l'enclenchement des feux de détresse n'actionne pas le Vigilant.

Il est concevable de générer un signal lors d'un fort freinage, mais ce signal doit être différencié des autres signaux, afin que le conducteur puisse bien identifier l'origine du déclenchement. Cette fonction serait précieuse dans des situations de collision en chaîne.

Le système, pour être efficace devra être très largement répandu. Pour en faciliter la diffusion, il pourrait être complété avec d'autres fonctions. Pourquoi pas le télépéage, afin d'utiliser le lien radio à 5,8 GHz et ainsi diminuer le coût du produit ?

Le Vigilant se positionne comme un dispositif complémentaire aux moyens actuels, et préserve les acquis. Il ne réclame aucune infrastructure particulière, et serait utilisable sur tous les types de réseaux (autoroute, RN, RD...). De plus, il est aisé à mettre en œuvre, et son coût (a priori modique) est une garantie de grande diffusion auprès des usagers.

### Schéma de principe

