

# Vers une sécurité routière accrue par la coopération véhicule-infrastructure : contributions du LCPC au projet SAFESPOT

(Par ordre alphabétique)

J.-M. Blosseville<sup>1</sup>, J. Ehrlich<sup>2</sup>, S. Glaser<sup>2</sup>, N. Hautière<sup>2\*</sup>, F. Peyret<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

<sup>2</sup>Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

## Abstract

Le projet intégré SAFESPOT financé par la commission européenne (DG INFSO) développe un système coopératif visant à améliorer la sécurité routière. Son but est de prévenir les accidents en développant une aide à la conduite, appelée «assistant de marge de sécurité», qui détecte par avance les situations dangereuses dans un horizon spatial et temporel étendu obtenu par le biais des télécommunications véhicule-infrastructure et véhicule-véhicule. Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées participe aux deux sous-projets visant à développer des capteurs innovants et des applications coopératives s'appuyant sur l'infrastructure. Il jouera également un rôle majeur dans l'évaluation des systèmes. En effet, les pistes de Versailles Satory serviront de "test bed" aux différentes réalisations amenées à être testées sur différents sites de l'Ouest de l'Europe, sous la responsabilité générale du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Dans cette communication, nous résumons les objectifs généraux du projet et détaillons les différentes contributions du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, notamment en matière de développement de nouveaux capteurs, de définitions d'applications sécuritaires coopératives et d'investissement en moyens expérimentaux.

## 1 Introduction

Les aides à la conduite sont en progrès permanent. Des capteurs et actionneurs performants et peu coûteux, fruits de la recherche de ces vingt dernières années, commencent à se multiplier à bord des véhicules. Le concept du véhicule autonome et sûr est une réalité, en particulier ce qui a trait à sa tenue de route : système antiblocage de roues, système anti-patinage entre autres. Prochainement, on peut également espérer que des systèmes de détection d'obstacles ou de suivi de voies efficace intègrent en standard les véhicules.

Pour anticiper les situations accidentogènes dans un horizon temporel et spatial plus étendu, les capteurs autonomes montrent cependant leurs limites. Les systèmes dits «coopératifs», qui visent à faire coopérer les véhicules et l'infrastructure routière en mettant à profit les communications véhicule-véhicule et véhicule-infrastructure afin d'étendre leurs capacités de perception et d'anticipation, constituent des voies qui semblent raisonnables. Ce sont ces voies que le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) a choisies d'emprunter notamment à travers deux projets intégrés récemment lancés par la Commission Européenne, que sont CVIS ("Cooperative Infrastructure Vehicle Systems") [10] et SAFESPOT "Cooperative vehicles and road

---

\* Auteur correspondant : [nicolas.hautiere@lcpc.fr](mailto:nicolas.hautiere@lcpc.fr)

infrastructure for road safety") [6]. Dans cette communication, nous présentons les différentes contributions du LCPC aux nombreuses activités du projet SAFESPOT.

## 2 Le projet SAFESPOT

Le projet européen SAFESPOT, présenté au sixième Programme Cadre de Recherche et Développement, a pour objectif principal l'amélioration de la sécurité routière. Des études ont montré que le conducteur est, à 90%, responsable des accidents, principalement pour des causes d'inattention ou des erreurs de jugement. Aussi, le projet SAFESPOT propose de développer un ensemble d'assistances fournissant au conducteur une indication de sa marge de sécurité suffisamment à l'avance et à l'approche d'une difficulté. Le concept de marge de sécurité nécessite l'amélioration de la prise d'informations relatives à la sécurité à la fois en termes de distance spatiale, mais aussi de distance temporelle. Ce ne sera possible qu'au travers de coopérations à la fois entre les véhicules mais aussi avec l'infrastructure. Elles ne seront donc possibles qu'à travers le développement de standards de télécommunications véhicule-infrastructure et véhicule-véhicule. Le concept de marge de sécurité est proche de celui de la quantification du niveau de risque.

Le projet SAFESPOT répond à l'appel initié par la commission Européenne dans le cadre du sixième PCRD : "eSafety - Co-operative Systems for Road Transport". Il est coordonné par le Centre de Recherche de FIAT (CRF) et réuni 51 partenaires européens. La durée du projet est de 48 mois pour un coût total de 37,9 M€. Il a débuté en février 2006. Il est organisé suivant plusieurs activités :

- le développement des outils technologiques est effectué dans les trois activités suivantes : partie véhicule SAFEPROBE, partie infrastructure INFRASENS et nouvelles technologies SINTECH,
- le développement d'applications coopératives suivra dans deux activités dépendant de la base de la coopération : soit véhicule SCOVA, soit infrastructure CoSSIB,
- les télécommunications et l'architecture globale du système font l'objet d'une activité à part, SCORE, dans laquelle les travaux seront menés en lien avec le projet européen CVIS,
- les problèmes législatifs et le développement de modèles économiques sont abordés dans l'activité BLADE, tandis que les activités horizontales de management sont regroupées dans l'activité HOLA,
- enfin, les technologies et applications développées seront implantées dans cinq sites de test européens : Italie, Ouest de l'Europe, Allemagne, Pays-Bas et Suède.

Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées participe aux activités INFRASENS et CoSSIB et est un acteur important du site de test Ouest Européen. Dans la suite de cet article, nous allons décrire sommairement les différentes activités auxquelles le LCPC participe et détailler plus précisément ses différentes contributions.

## **3 Développement de technologies coopératives s'appuyant sur l'infrastructure**

### **3.1 L'activité INFRASENS**

L'objectif de cette activité est de définir un ensemble de composants coopératifs basés sur l'infrastructure. INFRASENS développe, spécifie et valide ces briques pour les mettre à disposition des activités développant les applications (principalement CoSSIB). Les systèmes développés, en couplant leurs informations avec celles en provenance des véhicules, permettront à l'infrastructure de détecter très précisément des événements ou des situations critiques en termes de sécurité. INFRASENS vise également à tester la capacité des dispositifs de bord de voie à activer des signaux d'alerte à l'intention des conducteurs. Le LCPC contribue à cette activité sur trois aspects :

- le développement de techniques innovantes et bas coûts de mesure de la distance de visibilité atmosphérique,
- le développement de moyens passifs de télécommunications véhicule-infrastructure,
- le test et la validation des différentes briques technologiques produites.

### **3.2 Distance de visibilité mesurée et validée par l'infrastructure**

La distance de visibilité en présence de conditions météorologiques dégradées est un paramètre critique à communiquer au véhicule ou à l'infrastructure. Malheureusement, les visibilimètres classiques (transmissiomètre et diffusiomètre) ne sont pas réellement adaptés. D'un côté, les transmissiomètres, composés d'un émetteur et d'un récepteur éloignés de plusieurs dizaines de mètres, sont fiables mais coûteux et difficiles à calibrer (alignement des deux blocs optiques). De l'autre côté, les diffusiomètres, mesurant localement la diffusion d'une source lumineuse dans un angle bien défini, sont moins coûteux et plus facile à calibrer. Mais la petite taille du volume pris en compte pour la mesure rend la mesure hautement sensible aux non homogénéités fréquemment rencontrées dans le brouillard. En outre, la précision du capteur décroît avec la visibilité météorologique et n'est pas acceptable pour des visibilités inférieures à 50 m.

De son côté, le LCPC a développé des méthodes de mesure de la visibilité à l'aide de caméras embarquées sur véhicule [2, 3], notamment dans le cadre du projet ARCOS [1]. Dans le cadre d'INFRASENS, le LCPC souhaite adapter ses techniques aux caméras de surveillance placées sur l'infrastructure (voir Figure 1(a)). Par la suite, en utilisant l'architecture d'INFRASENS, les mesures issues des capteurs de visibilité fixes seront fusionnées avec celles issues des capteurs embarqués, permettant ainsi d'obtenir une mesure globalement plus fiable. Cette solution serait moins chère et certainement plus fiable que les capteurs actuels.

Un exemple de réalisation sur un cas de brouillard diurne est présenté sur la figure 1. La figure 1(b) illustre un premier mode de calcul de la visibilité adapté de [3] en se fondant sur une modélisation du brouillard diurne. La figure 1(c) illustre un deuxième mode de calcul de la visibilité inspiré de [2] en se fondant sur les éléments de l'image possédant un contraste supérieur à 5 %. Ces derniers sont représentés sur l'image.



(a)



(b)

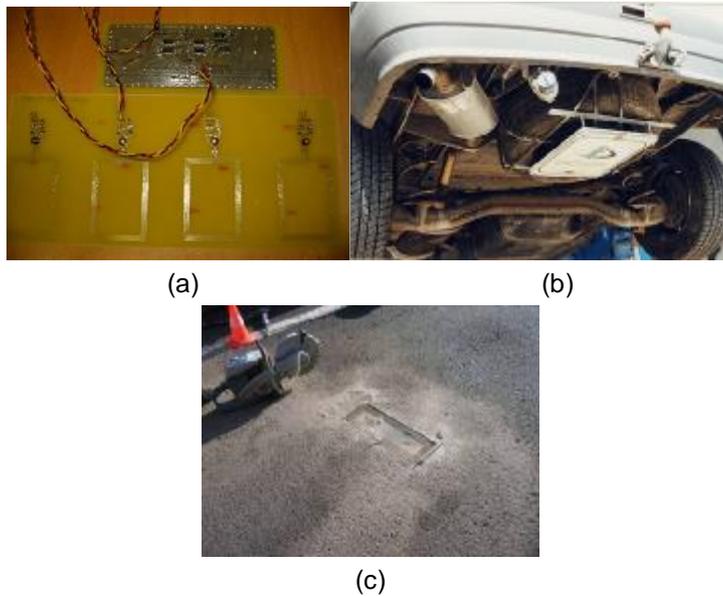
(c)

**Figure 1:** estimation de la distance de visibilité à partir de l'infrastructure ; (a) caméra fixe placée au-dessus de l'infrastructure (image COFIROUTE) ; (b) calcul de la distance de visibilité « météorologique » représentée par la ligne rouge ; (c) calcul de la distance de visibilité « mobilisée » représentée par la ligne jaune.

### 3.3 Télécommunications véhicule-infrastructure passives

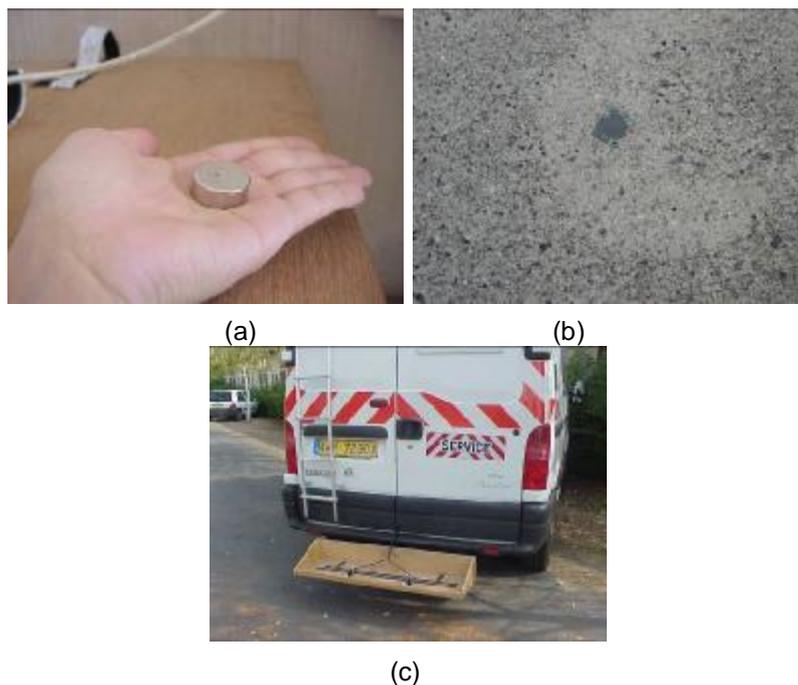
Le problème de l'alimentation énergétique des composants de télécommunications véhicules-infrastructure est un vrai problème pour les réseaux routiers secondaires. Pour pallier ce problème, le LCPC développe des technologies passives permettant d'échanger ou simplement de recevoir des informations avec l'infrastructure.

Tout d'abord, le LCPC développe, en partenariat avec l'École Supérieure d'Électronique de l'Ouest, des transpondeurs (figure 2(a)) qui sont enfouis dans la chaussée (figure 2(c)) et qui sont interrogeables à courte distance par un lecteur dédié installé sous la caisse du véhicule (figure 2(b)) [5]. Ces transpondeurs ont des fonctions de lecture et d'écriture. Ils permettent donc de concevoir différentes applications intéressantes en termes de sécurité routière : alerte en cas d'inter distance faible, prévention des sorties de voies, signalisation virtuelle, détection de contresens, etc.



**Figure 2** : (a) transpondeur et son antenne ; (b) antenne du lecteur ; (c) transpondeur et son antenne enfouis sous la chaussée sur les pistes de Versailles Satory.

Ensuite, le LCPC développe, en partenariat avec le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Angers, des dispositifs de télécommunications passifs à base d'aimants placés dans la chaussée [4] (figure 3). Ceux-ci positionnés dans la chaussée de façon analogue à des codes barres, permettent de coder différentes informations à l'intention des véhicules équipés de magnétomètres. Les applications potentielles sont la prévention des sorties de voies et la détection de contresens.



**Figure 3** : (a) aimant utilisé pour la communication V2I passive ; (b) aimant enfoui dans la chaussée ; (c) prototype de magnétomètre utilisé pour la lecture des aimants.

## **4 Développement d'applications coopératives s'appuyant sur l'infrastructure**

### **4.1 L'activité CoSSIB**

L'objectif de cette activité est de spécifier et de développer un ensemble d'applications coopératives s'appuyant à la fois sur l'équipement de bords de voie en matière de détection et de régulation (cf. INFRASENS), mais aussi sur les données transmises par les véhicules et dont l'intelligence réside dans la partie infrastructure. C'est-à-dire que les applications peuvent s'appuyer sur une connaissance à plus grande échelle de la situation sur un réseau. Ces applications seront ensuite implantées sur des sites de test qui reproduiront des situations réelles de conduite. Les points critiques pour leur implantation seront identifiés et évalués, et les facteurs de réussite soulignés dans les recommandations finales. Le LCPC contribue principalement à cette activité sur trois points :

- les méthodes de calcul de la « marge de sécurité » (indice de risque),
- l'alerte en cas de vitesse excessive et la prévention des sorties de route,
- le test et la validation des applications.

### **4.2 Régulation des vitesses et prévention des sorties de voie en coopération avec l'infrastructure**

En France, les études d'accidentologie ont montré qu'en 2003 les sorties de route étaient à l'origine de 30 % des tués. Ce problème est souvent abordé du point de vue du seul véhicule. Le projet SAFESPOT est l'occasion d'aborder le problème différemment en concevant un système d'information de bord de voies capable de recevoir les données à la fois en provenance du véhicule et des capteurs sur l'infrastructure de façon à mettre en évidence les informations critiques et à maintenir à jour dynamiquement une carte locale. Grâce à ces informations stockées par l'infrastructure, les véhicules environnants pourraient alors obtenir une information précise permettant de mettre à jour leur propre carte locale. Le but de cette application est de réduire le nombre d'accidents de voiture liés à une vitesse excessive ou à des problèmes de guidage. Le déploiement est envisagé en deux étapes.

#### **4.2.1 Régulation des vitesses**

Dans un premier temps, il s'agit de communiquer au véhicule les informations lui permettant de calculer à la fois une vitesse maximale et un indicateur de risque (la « marge de sécurité ») en fonction des conditions de trafic, de la météo et de l'état de surface de la route (informations statiques ou dynamiques). Deux systèmes différents pourraient exploiter ces informations :

- un système informatif fournissant le niveau de risque courant ainsi que la vitesse maximale, sous la forme d'un affichage sur le tableau de bord ou d'un avertissement sonore, mais aussi à l'aide de panneaux à messages variables implantés sur le bord de voie.

- un système actif exploitant les informations en provenance d'autres véhicules grâce aux communications véhicule-véhicule, ou les informations plus fiables en provenance de l'infrastructure grâce aux communications véhicule-infrastructure.

Les bénéfices attendus sont les suivants :

- une harmonisation des vitesses entre les véhicules,
- une vitesse optimale déterminée par le type de route, les conditions de trafic et les conditions météorologiques,
- une réduction des congestions (meilleurs débits),
- une réduction des accidents mortels (meilleure lisibilité de la route).

#### 4.2.2 Prévention des sorties de voie

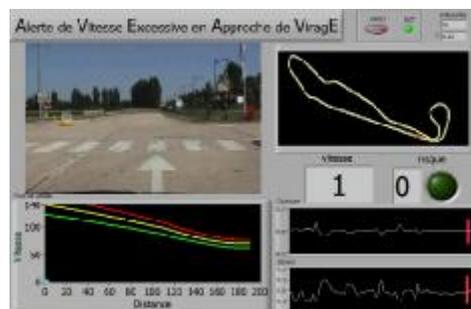
Dans un deuxième temps, il s'agit d'élargir la régulation des vitesses au problème de dynamique du véhicule (vitesse inappropriée) et de son positionnement relatif par rapport à la route (par exemple le positionnement latéral). Les objectifs sont les suivants :

- être capable d'évaluer sur une trajectoire donnée un critère reflétant le risque pour le véhicule d'emprunter cette trajectoire. Ce critère doit prendre en compte la route à venir et les informations déjà disponibles [8] (figure 4).
- donner aux conducteurs ou aux assistances leur positionnement vis-à-vis d'un ensemble de trajectoires admissibles. La notion de trajectoire comprend l'orientation du véhicule par rapport à la route et la dynamique (position, vitesse).

Le bénéfice attendu est principalement la baisse des accidents mortels. Cette proposition est à mettre en relation, entre autres, avec les projets français LAVIA [7], qui permet de réguler les vitesses en utilisant une cartographie GPS, et SARI, qui développe des outils de diagnostic pour informer l'utilisateur du risque de sortie de voie lié à l'infrastructure [9]. Le LCPC dans le cadre de CoSSIB propose de se concentrer sur la coopération locale entre l'infrastructure et le véhicule ainsi que sur la mise en œuvre de dispositifs de bord de voies bas coûts (voir INFRASENS) de façon à faciliter le déploiement des systèmes. Les enjeux sont fortement liés à la capacité du système à se mettre à jour et à maintenir l'exactitude des informations, de même qu'à prendre en compte des événements temporaires, comme des travaux ou des conditions météorologiques dégradées. Cela nécessitera l'intégration d'informations dynamiques sur des cartes locales, en lieu et place de cartes statiques embarquées.



(a)



(b)

**Figure 4:** (a) communication par transpondeur de la géométrie du virage (courbe, dévers) en entrée de celui-ci; (b) application SAVV (Système d'Alerte de Vitesse Excessive en Approche de Virage) développée par le LCPC [8].

## 5 Participation au site de test Ouest Européen

### 5.1 Le site de test WEST

Le site de test Ouest Européen ou WEST, est en fait un regroupement de plusieurs sites, dont la majorité est en France, mais dont un se situe en Espagne, d'où son nom. Ces sites ont été choisis pour leur représentativité de différents types de réseaux routiers :

- les pistes du LIVIC à Versailles-Satory qui pour l'occasion seront équipées en moyens de télécommunications, offrent un site fermé pour l'intégration des différents composants et les premiers essais en environnement contrôlé (voir figure 5),
- la portion de l'A10 entre le péage de Saint-Arnoult et la jonction sur Orléans du concessionnaire COFIROUTE offre les caractéristiques d'une autoroute déjà bien équipée en moyens de communication véhicule-infrastructure,
- la tranchée couverte de l'A11 en cours de construction sur le contournement d'Angers, de COFIROUTE également, offre un environnement de type tunnel,
- les 5 routes RD 767, 786, 787 et 790 du Département des Côtes d'Armor présentent elles toutes les caractéristiques des routes départementales de la campagne française,
- enfin, le périphérique de Valladolid en Espagne représente le réseau urbain type avec ses ronds-points et ses intersections.



**Figure 5:** une des pistes du LCPC à Versailles-Satory.

## 5.2 Les partenaires

Les partenaires de WEST sont au nombre de 14 : COFIROUTE, le CG 22, Renault France, le LCPC (unités LIVIC, SMI et DESE), Lacroix Trafic, Sodit, Volvo Technology, Navteq, TNO, Cidaut, Renault Espagne, Université Polytechnique de Madrid et Telefonica. Cidaut coordonnera les partenaires espagnols et le LCPC (SMI) est en charge de coordonner l'ensemble des activités de WEST.

## 5.3 Les applications

Les applications qu'il a été prévu de déployer et de tester sur les différents sous sites, sous la forme de scénarios qui sont en cours de définition précise, relèvent des six familles suivantes :

1. *Smart signalling* (transmission des informations des panneaux de signalisation dans l'habitacle du véhicule),
2. *Intelligent speed alert* (recommandation d'une vitesse et d'une voie sûres à l'intérieur de la "marge de sécurité")
3. *Safety margin for assistance and emergency vehicles* (gestion des véhicules prioritaires),
4. *Safe urban intersections and roundabouts* (surveillance coopérative des véhicules à proximité des rond-points et des intersections),
5. *Hazard and incident warning* (information du conducteur des dangers se trouvant en amont),
6. *Dynamic road departure prevention* (recommandations au conducteur en risque de perte de contrôle de son véhicule)



LOLA



VIPER



CARLA

**Figure 6:** les véhicules du LCPC qui seront utilisés pour la validation fonctionnelle.

## 5.4 Le rôle du LCPC

Le rôle des équipes du LCPC impliquées dans WEST sera primordial :

- le LIVIC intégrera les composants des différentes démonstrations sur ses propres véhicules et sera chargé de la phase de validation fonctionnelle avant que celles-ci ne soient transférées sur les autres sites (voir figure 6),
- le LIVIC contribuera au transfert et à l'implantation des démonstrations sur les différents véhicules, fournis par les constructeurs ou les opérateurs d'infrastructures, et sur les autres sites, cibles
- le LIVIC et SMI (Nantes) participeront à la mise en œuvre des expérimentations et des démonstrations,
- SMI sera en charge de la coordination des différentes équipes, de la planification des essais et des activités de WEST de manière générale.

## 6 Perspectives

Dans la suite logique des projets français ARCOS, LAVIA et SARI, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées a investi la problématique générale de la coopération véhicule-infrastructure. C'est la raison pour laquelle il participe activement au projet intégré Européen SAFESPOT, dont l'objectif général est de faire progresser la sécurité routière par le développement de systèmes coopératifs mettant à profit les communications véhicule-véhicule et véhicule-infrastructure. Dans ce contexte, le choix des protocoles de télécommunications est primordial, car il conditionnera l'équipement des véhicules et des routes de demain. L'heure est à la spécification fonctionnelle des différents systèmes et applications. Par la suite, c'est en déployant et en testant l'ensemble en grandeur nature que le meilleur compromis sera trouvé entre les impératifs des acteurs du métier (constructeurs automobiles, gestionnaires d'infrastructures) et l'efficacité des systèmes en termes de sécurité routière.

## Références

- [1] J.M. Blosserville. **ARCOS 2004 : premiers résultats**. *Autoroutes et mobilités*, 40, Novembre 2004.
- [2] N. Hautière, R. Labayrade, and D. Aubert. **Real-Time Disparity Contrast Combination for Onboard Estimation of the Visibility Distance**. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7(2):201–212, 2006.
- [3] N. Hautière, J.-P. Tarel, J. Lavenant, and D. Aubert. **Automatic Fog Detection and Estimation of Visibility Distance through use of an Onboard Camera**. *Machine Vision and Applications Journal*, 17(1):8–20, 2006.
- [4] S.-S. Ieng and P. Briand. **Infrastructure and vehicle communication for speed limitation based on magnetic markers**. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Tokyo, Japan*, June 2006.
- [5] P. Plainchault, J. Ehrlich, T. Bosch, and S. Foret. **13.56 MHz transponders use for vehicles infrastructure communication**. In *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Shanghai, China*, October 2003.
- [6] SAFESPOT. **Cooperative vehicles and road infrastructure for road safety**. <http://www.safespot-eu.org>.
- [7] J. Ehrlich et al. **Limitation Adaptative de Vitesse : le projet LAVIA**, Congrès ATEC-ITS France, Janvier 2003.
- [8] S. Glaser, V. Aguiléra. **Vehicle-Infrastructure-Driver Speed Profile: Towards the Next Generation of Curve Warning Systems**, 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services (ITS), Nov 2003, Madrid, Espagne.
- [9] M.-L. Gallenne et al. **SARI : Comment informer plus efficacement les conducteurs d'un risque de perte de contrôle de leur véhicule**, Congrès ATEC-ITS France, Janvier 2006.
- [10] S. Coutel et al. **Applications coopératives innovantes sur la base d'un routeur mobile – le projet CVIS**, Congrès ATEC-ITS France, Janvier 2006.