

## **DIVAS : COMMENT ADAPTER DYNAMIQUEMENT LA DEMANDE A L'OFFRE DE SECURITE ROUTIERE**

Diplômé de l'ENTPE en 2002, docteur en 2005 de l'Université de Saint-Etienne. Chercheur en vision par ordinateur appliquée aux systèmes de transports intelligents. Responsable du domaine « aides à l'exploitation des réseaux ».



**Nicolas HAUTIERE**

Université Paris-Est,  
Laboratoire Exploitation Perception  
Simulateurs et Simulations,  
UMR INRETS-LCPC, Paris, France



**Philippe LEPERT**

Université Nantes Atlantique,  
Division Entretien Sécurité et  
Acoustique des Routes,  
LCPC, Nantes, France

Ingénieur civil des Ponts et Chaussées. Habilitation à Diriger les Recherches (HDR) de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. Responsable de la division « Entretien, Sécurité et Acoustique des Routes du LCPC ».

### **Résumé**

Le projet ANR DIVAS, « Dialogue Infrastructure Véhicules pour Améliorer la Sécurité routière », élabore un concept global de système d'échange d'informations entre l'infrastructure et les véhicules, fournissant au conducteur, en temps réel, un indicateur intégré quantifiant sa propre sécurité le long d'un itinéraire. Cet indicateur prend en compte l'état de surface de la chaussée, les conditions météorologiques et la géométrie de la route. Le projet envisage le déploiement du système, en examinant toutes les conséquences, tant en termes technologiques que sur les plans de la crédibilité et de l'acceptabilité de celui-ci. Un prototype permettant de démontrer les potentialités d'un tel système est en cours d'élaboration. Par rapport à d'autres initiatives similaires, le projet se concentre davantage sur le rôle des gestionnaires routiers dans le développement et le déploiement de tels systèmes. Cet article, expose le concept ainsi que les principales innovations du projet.

**Mots-clés:** systèmes coopératifs, sécurité routière, limitation de vitesse, accidentologie, adhérence, visibilité, trajectoires, acceptabilité, risque routier.

### **Abstract**

The ANR project DIVAS, "Dialogue between Infrastructure and Vehicles for Advanced road Safety", is building a global concept of a vehicle – infrastructure information exchange system, providing the driver, in real time, with an integrated indicator about its own safety along a route. This indicator mainly takes into account the pavement surface conditions, the meteorological conditions and the road geometry. The project considers the system implementation, by examining all the consequences of this implementation, in terms of technology as well as acceptability and credibility. A prototype which specifically aims at demonstrating the potentialities of such an integrated system will be realized. Compared to other initiatives, the project is more focused on the role of the infrastructure and on the role of the road operators in the development and the deployment of such systems. This paper presents the concept as well as the main innovations of the project.

**Keywords:** Cooperative systems, road safety, speed limits, accidentology, road friction, visibility, trajectory, acceptability, highway risk.

## 1. Introduction

Dans 40 % des cas d'accidents mortels, on relève une vitesse inadaptée aux conditions de circulation. Proposer une vitesse adaptée au conducteur constitue donc un enjeu fort de sécurité routière. On considère généralement que la réduction d'un pour cent des vitesses moyennes conduit à une diminution de deux pour cent du taux d'accident et de quatre pour cent du taux d'accident mortel (SETRA/CETUR, 1992). Il existe des systèmes ISA (Intelligent Speed Alert) qui ont pour principale fonction de rappeler la limite de vitesse aux conducteurs (Ehrlich, 2009). En raison des problèmes de complétude, de cohérence et de mise à disposition des bases de données de vitesses légales qu'ils exploitent, ces systèmes affichent parfois des limites de vitesses incorrectes, voire peu crédibles. Par ailleurs, les limites de vitesses actuelles, qui sont fixes, n'incitent pas les conducteurs à adapter leur vitesse en cas de difficultés conjoncturelles liées, par exemple, aux conditions météorologiques ou aux conditions de circulation. L'adaptation et la personnalisation des limites de vitesse est une solution pour résoudre ce problème et améliorer le gain en sécurité procuré par les systèmes ISA (Carsten et Tate, 2005). Le développement de telles limites se heurte cependant à deux difficultés. Premièrement, le respect des limites de vitesse suppose que les usagers de la route soient conscients des risques qui les justifient. Deuxièmement, les limites de vitesse actuelles intègrent un certain risque de dépassement par les usagers. Or, aujourd'hui, avec l'introduction du contrôle automatisé, ce risque s'est modifié et les limites en vigueur sont donc moins adaptées.

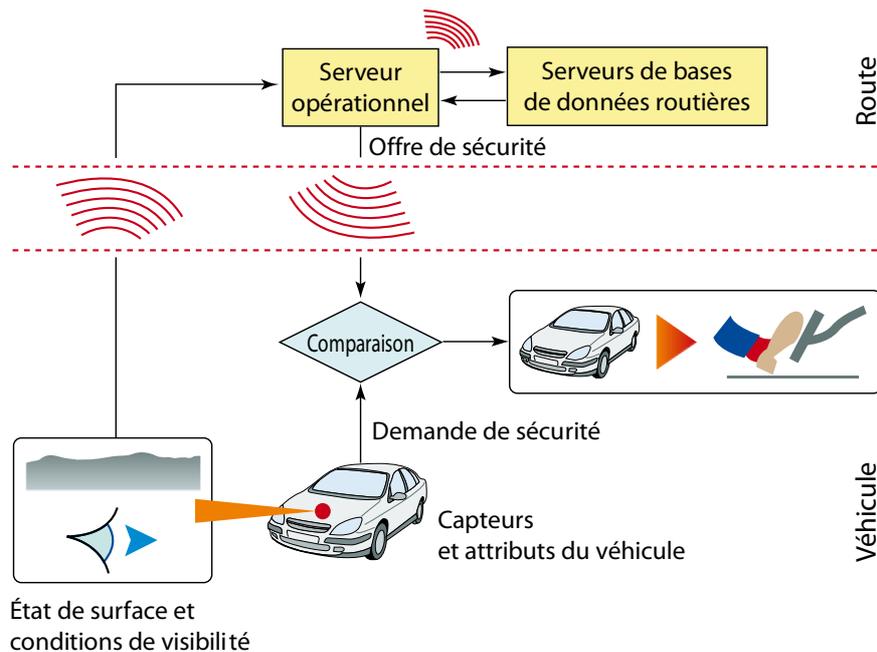
Le sixième PCRD Européen a vu l'émergence d'importantes initiatives en matière de développement de technologies d'échange temps réel d'information entre les véhicules et l'infrastructure. Les projets intégrés SAFESPOT, CVIS et COOPERS visent tous trois à proposer des plateformes standardisées de télécommunications basées sur l'intégration de différents canaux de télécommunications (UMTS, IEEE 802.11p...) à même de remplir des fonctions de sécurité et de mobilité.

Le projet DIVAS (Hautière et Lepert, 2008) vise à construire et à proposer aux conducteurs des limites de vitesse crédibles, c'est-à-dire personnalisées et adaptées aux conditions de circulation. Pour cela, il tire parti d'une part des travaux récents menés dans différents projets PREDIT traitant de sécurité routière (ARCOS, RADARR, IRCAD, VIZIR...) qu'il prolonge, et, d'autre part, des solutions technologiques proposées dans les projets Européens en matière d'architecture et de télécommunications.

## 2. Le concept

Le concept du projet DIVAS repose sur l'équilibre entre l'offre et la demande de sécurité routière. L'offre résulte de l'état de l'infrastructure et de son environnement, tandis que la demande est une conséquence de la vitesse des usagers.

En conditions nominales, c'est-à-dire pour un véhicule isolé, roulant par temps sec et clair, l'écart entre offre et demande constitue la marge de sécurité que s'octroie le conducteur. En conditions météorologiques dégradées, cette marge de sécurité diminue drastiquement si le conducteur conserve la même vitesse, à cause de la baisse de l'adhérence et/ou de la visibilité. Cette baisse, donc la variation de marge qu'elle engendre à vitesse identique, dépend à la fois des caractéristiques physiques de l'infrastructure routière (texture, tracé) et des conditions météorologiques (pluie, brouillard...). Les premières varient lentement dans le temps, les secondes sont, au contraire, susceptibles d'évoluer très rapidement. L'approche proposée dans DIVAS consiste à :



**Figure 1** - Schéma du système de dialogue infrastructure véhicules proposé par DIVAS.

- Relever, grâce à des appareils dédiés, les paramètres d'infrastructure variant lentement ;
- Les stocker dans un serveur de bases de données routières ;
- Les mettre à jour grâce à des modèles d'évolution ;
- Les transmettre, après mise en forme, aux véhicules (grâce à un serveur opérationnel)
- Les interpréter dans ces véhicules en les confrontant aux conditions météorologiques qui sont détectées par les capteurs embarqués.

Le projet DIVAS propose de calculer la variation de vitesse à conseiller au conducteur pour que sa marge de sécurité reste au niveau nominal. Il passe par le calcul d'un indice de risque prenant en compte les mécanismes d'accidents actuellement les plus fréquents. Le schéma de principe du concept DIVAS est présenté dans la figure n° 1.

Cette approche se différencie de celles existant par le recours à la notion de « vitesse de référence ». Trouver la variation à appliquer à cette vitesse de référence est plus aisé que de la déterminer entièrement. En effet, les modèles de calcul de risque, aussi complets soient-ils, ne reflètent que partiellement la réalité. La notion de vitesse de référence permet de prendre en compte, de manière empirique, cette complexité et ainsi, de ne faire porter l'erreur de modélisation que sur le calcul de la variation de vitesse. Ceci conduit à une erreur moindre en valeur absolue (Hautière et al., 2008). A travers cette description du concept DIVAS, on entrevoit les différents progrès techniques et innovations scientifiques apportées par le projet et détaillées dans la suite de l'article :

- La mise à jour des données d'accidentologie et la synthèse des différents mécanismes actuels d'accidents ;
- Une réflexion ciblée sur la collecte et l'évolution temporelle des paramètres d'infrastructure ;
- Des méthodes de relevé des trajectoires de référence ;
- Une méthode de calcul de l'adhérence mobilisable ;
- Des méthodes de détection des conditions atmosphériques à l'aide de capteurs embarqués (caméra ou lidar) sur véhicule ;
- Une méthode de calcul de risque et de limites de vitesse.

### 3. Progrès techniques et innovations scientifiques

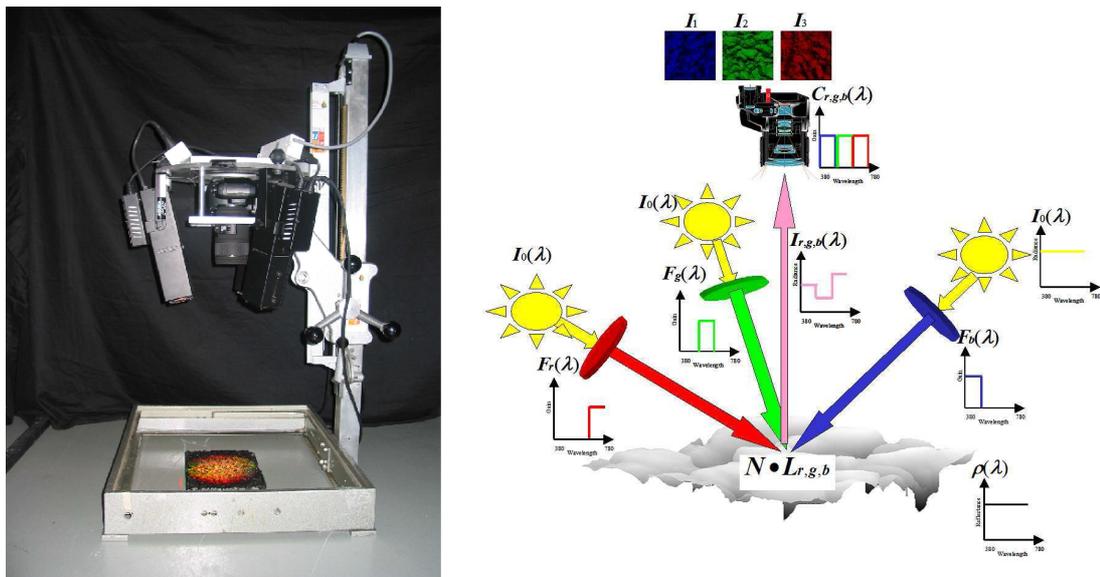
#### 3.1 Une vision actualisée des mécanismes d'accidents

Dans un premier temps, le CETE Normandie - Centre a établi une liste des scénarios d'accident actuellement les plus fréquents, liste qu'il a approfondie dans la suite du projet, et qui a été soumise à l'ensemble des partenaires, qui ont pu la compléter ou l'amender. Ce travail a été suivi d'une étude des accidents sur autoroutes, basée sur la lecture des procès verbaux de 262 accidents corporels de la circulation survenus sur autoroutes interurbaines. Ces accidents ont ensuite été répartis selon 13 scénarios d'accidents prédéfinis. Les résultats obtenus à partir de ces 262 accidents ont été complétés par ceux obtenus sur une série d'accidents extraite de la base de données accidents d'ASF. Il ressort de cette étude que les accidents les plus fréquents sont ceux liés à un état de fatigue ou d'hypovigilance des conducteurs, à une manœuvre de dépassement ou à des chocs à l'arrière des véhicules les plus lents. Certains scénarios d'accidents ont une gravité plus importante que les autres, en particulier ceux impliquant un usager circulant à contresens. Certains scénarios et certains groupes d'accidents (par exemple les accidents impliquant un poids lourd) ont été étudiés plus en détail : quels types de véhicules sont impliqués ? Quelles sont les configurations des lieux ? Quel est le contexte de circulation ? Quelles sont les typologies et mécanismes d'accidents ? Les mêmes approches ont ensuite été mises en œuvre à partir des données disponibles sur les routes rapides urbaines et enfin sur les routes bidirectionnelles.

#### 3.2 Actualisation des moyens de caractérisation de l'infrastructure

##### *Moyens de collecte en site*

Les travaux dans ce domaine ont commencé par le recueil exhaustif d'informations sur les appareils d'auscultation existant. Partant des lacunes mises en évidence par cette démarche, on a identifié les besoins de développement de nouveaux appareils, en l'occurrence pour estimer la texture des chaussées et la visibilité géométrique.



**Figure 2** – Analyse de texture par stéréovision photométrique utilisant trois sources colorées à des angles différents et une seule caméra couleur (Bringier et al., 2008).

Actuellement, l'analyse de la rugosité d'une surface est effectuée principalement au travers de l'utilisation de capteurs à focalisation – de type laser – dont la transposition vers des systèmes embarqués à bord de véhicules d'usage courant n'est pas envisageable. On a donc recherché des pistes pour remédier à cette limitation. La première explore l'analyse d'images vidéo de texture. Le laboratoire SIC (Bringier et al., 2008) en a testé en laboratoire la faisabilité : les premiers résultats sont encourageants (voir Figure 2). La seconde piste, suivie par le LCPC, s'intéresse aux capteurs à rétrodiffusion d'ondes (acoustiques ou optiques) utilisés dans différents domaines. Elle s'est focalisée, à ce stade, sur une étude bibliographique très complète et une première modélisation.

En ce qui concerne la visibilité géométrique, des progrès notables ont été enregistrés par rapport aux résultats obtenus dans le projet PREDIT VIZIR, notamment en ce qui concerne la modélisation tridimensionnelle des routes. Ces progrès concernent l'évolution de la plateforme LARA-3D d'ARMINES utilisée pour relever les données, l'amélioration de la localisation du véhicule, et l'analyse et de la modélisation des nuages de points qui permettent d'obtenir un modèle tridimensionnelle de la route. L'ensemble, qui permet désormais d'effectuer un calcul de la distance de visibilité géométrique, produit des résultats très cohérents avec ceux produit par l'outil VISULINE, développé par le LRPC de Saint-Brieuc.

#### ***Interpolation, extrapolation à partir des données de site***

En parallèle de ces travaux, des modèles d'évolution temporelle de l'adhérence des chaussées et de la rétro-réflexion des marquages ont été évalués. Il s'agissait en particulier de regarder si ces modèles pourraient être implantés dans le serveur de base de données pour mettre à jour, sans relancer trop fréquemment les campagnes de site, les caractéristiques routières critiques pour la sécurité des usagers. Concernant l'adhérence, la faisabilité est démontrée, dans des limites qui sont bien identifiées. Concernant la rétro-réflexion des marquages, les conclusions de l'étude sont moins optimistes et montrent qu'il faut encore progresser dans la recherche.

#### ***Mise en forme des données***

Pour mettre en forme les données de l'infrastructure et les transmettre aux véhicules sous une forme compréhensible, une solution cartographique CAORTO a été développée par ARMINES sur la base du standard libre OpenStreetMap. Ce type d'outil préfigure un SIG routier à plus grande échelle permettant aux gestionnaires routiers de rendre leurs bases de données interconnectables avec celle des cartographes et par la même avec les véhicules.

### **3.3 Relevé des trajectoires de référence**

#### ***Mise en œuvre et extension d'observatoires de trajectoires***

Le projet PREDIT RADARR avait permis de développer un observatoire de trajectoires (OdT) et de l'utiliser pour analyser les conditions d'entrée des véhicules sur trois sites difficiles. Dans DIVAS, cette base d'étude de cas a été élargie à sept autres sites, différents mais potentiellement dangereux (Figure 3a). Un bilan complet de la mise en œuvre de l'OdT sur ces sept nouveaux sites illustre l'exploitation des résultats de l'OdT, permettant d'en tirer une série de constats portant sur les vitesses pratiquées en virage. Prudemment, on retient que, malgré le fait que les résultats obtenus orientent clairement vers un lien unissant la vitesse au rayon de courbure, ce lien est encore difficilement modélisable par une formule (échantillon encore trop petit pour oser des généralisations). Une autre approche a donc été menée en parallèle, consistant à modéliser les trajectoires des véhicules en virage, à recalibrer le modèle sur les trajectoires relevées expérimentalement avec l'OdT et à tirer des conclusions plus générales. Les premiers travaux de cette approche ont conduit à développer une nouvelle méthode mathématique pour réaliser cette modélisation (Daucher et Koita, 2009).



**Figure 3** – (a) Mise en oeuvre de l'observatoire de trajectoires du LCPC en virage;  
 (b) observatoire de trajectoires par présence de vent (CSTB) sur la RD 45 (CG 44).

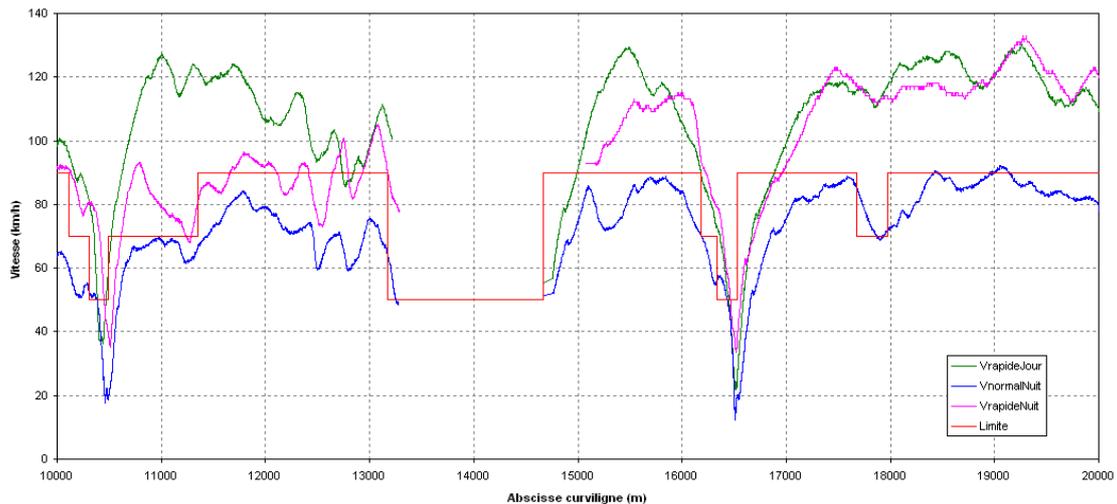
Par ailleurs, l'OdT a vu son usage étendu au suivi automatique des trajectoires de motos, par le LASMEA. Afin d'évaluer la précision des trajectoires estimées, le système a été testé sur plusieurs passages de moto, réalisés par le LCPC sur ses pistes d'essai. La moto était instrumentée d'un GPS. Les résultats obtenus par vision ont été confrontés avec succès aux trajectoires estimées par GPS. Ainsi, le système est maintenant capable de suivre en temps réel un nombre variable de véhicules dans le trafic réel, gérant les occultations inter véhicules (Bardet et al., 2009).

Enfin, une étude de l'impact des vents sur les trajectoires de véhicules, menée par le CSTB (Figure 3b), a conclu que, dans les conditions rencontrées lors des expérimentations, les sollicitations dynamiques liées aux rafales génèrent des variations d'accélération latérale et vitesse rotationnelle d'un ordre de grandeur équivalent à celles générées par les imperfections de la chaussée. Une approche quantitative basée sur l'angle de giration a permis d'estimer la déviation maximale de trajectoire à environ 10 cm pour les trois configurations les plus exploitables (60 et 80 km/h en sens "normal" et 80 km/h sens "retour"). Sans généralisation excessive, on peut considérer que pour les véhicules légers, le risque de déviation notable de la trajectoire (au-delà de 20 cm) sous l'effet du vent est très faible et uniquement significatif dans des conditions météorologiques exceptionnelles, et sur des sites remarquables (viaduc, sortie de tunnel).

#### ***Analyse des trajectoires pratiquées sur itinéraires***

Une méthodologie fondée sur l'enregistrement du comportement de conducteurs de référence a été développée pour déterminer un profil de vitesse adapté à un itinéraire routier. Elle a été appliquée sur deux itinéraires de test choisis l'un dans le département des Côtes d'Armor (22), l'autre dans le département de Loire-Atlantique (44). Sur les itinéraires sélectionnés, on a enregistré, à l'aide du Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur (VACC) du CETE Normandie-Centre, les profils de vitesse pratiquée par un conducteur soumis à différentes consignes (vous êtes pressés ; vous roulez normalement ; vous roulez très prudemment). On a également relevé, à l'aide de stations de trafic, la distribution des vitesses pratiquées en différents points des itinéraires pour recalibrer les profils de vitesse précédents.

En parallèle, un autocar de la société CAT (filiale de VEOLIA) a été équipé d'un système autonome d'enregistrement des paramètres de comportement (bus CAN, GPS). Ces informations ont parfois été enrichies, grâce à un système RT-Maps, d'images vidéo et de descripteurs d'événements ou points de repère sur l'itinéraire. Les trajets de l'autocar le long d'un itinéraire commercial ont été enregistrés, et serviront notamment à dresser des profils de vitesse nominale.



**Figure 4** – Profils de vitesse sur itinéraires recueillis par le CETE Normandie-Centre selon différentes modalités sur la RD 786 (CG 22).

Enfin, le LEPSIS (INRETS-LCPC), qui dispose de scooters et motos dotés de capteurs endogènes (accéléromètres / gyromètres 3 axes, effet « hall » sur les roues AV et AR, codeur optique pour l'angle guidon, potentiomètre analogique sur le câble d'accélérateur, reprise du contact frein), a conduit une campagne de mesure sur un itinéraire du réseau routier de Loire-Atlantique avec une moto instrumentée (Honda 1000 CBF). Quatre aller - retour ont été effectués par deux conducteurs (un « expérimenté » et un « jeune conducteur »). Ils ont permis de proposer et de valider une méthode de reconstruction des trajectoires pratiquées par les motards.

### *Perspectives*

Les informations produites par les capteurs dits bord de voie (OdT) et celles générées par les capteurs embarqués s'avèrent complémentaires et doivent être rapprochées. C'est ce que le CETE Normandie-Centre a entrepris. Le LCPC a aussi réalisé une expérience pilote en comparant, sur certains virages de Loire-Atlantique, les caractéristiques des trajectoires des conducteurs témoins obtenus d'une part par le VAAC, d'autre part par l'OdT.

## **3.4 Méthode de calcul de l'adhérence mobilisable**

### *Accidents sur chaussées mouillées*

Durant toute la durée de projet, on s'est efforcé de recueillir des informations plus complètes et plus fines pour caractériser l'impact sur l'adhérence, donc sur l'accidentologie, du mouillage de certains revêtements. L'objectif était clairement de réunir des informations très pertinentes pour améliorer les modèles d'adhérence (voir ci-dessous). On a donc recherché des portions de routes où l'adhérence paraissait à l'origine d'accidents constatés. La plupart des études s'accordant à dire que les problèmes d'adhérence se manifestent sur chaussée mouillée, l'hypothèse selon laquelle 'une zone d'accumulation d'accidents survenant lorsque la chaussée est mouillée est révélatrice d'un problème potentiel d'adhérence' a été retenue. Le recensement de ces sites a été réalisé notamment grâce à l'exploitation des Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels (BAAC) de la circulation. La consultation des gestionnaires routiers concernés a ensuite permis d'exclure les sites dont le revêtement avait été refait et les sites présentant des caractéristiques non compatibles avec des mesures sur terrain. Au final, douze sites ont pu être sélectionnés à ce jour. Des mesures très fines de texture ont alors été réalisées sur ces sites, par le LCPC et par Michelin, en vue de recueillir les informations nécessaires pour améliorer les modèles d'adhérence (voir ci-dessous).

### ***Modèle d'adhérence pneumatique – chaussée***

Michelin a tout d'abord procédé à une étude bibliographique approfondie des modèles disponibles, afin de situer leurs capacités et leurs limites, et ainsi de proposer un scénario apportant un net bénéfice vis-à-vis de l'état de l'art existant. Il a ensuite bâti un nouveau modèle (TaMeTirE) basé sur son savoir-faire. Ce modèle - qui sera enrichi jusqu'à la fin du projet - est fondé sur une prise en compte complète des mécanismes d'interaction gomme/sol en présence d'eau.

### ***Approche de la hauteur d'eau sur les chaussées***

Dans le projet PREDIT IRCAD, un modèle de mouillage des chaussées avait été développé. Ce modèle avait été partiellement validé en conditions très maîtrisées, notamment sur des planches de référence non circulées et dans un environnement isolé. Dans DIVAS, on s'est efforcé de simplifier ce modèle et de l'évaluer dans des conditions plus représentatives : chaussée circulée, revêtements variés, conditions météorologiques non maîtrisées... La finalité de ce travail est de disposer d'un modèle exploitable permettant de prédire l'état de mouillage d'un itinéraire à partir des prévisions météo et en fonction d'une combinaison spécifique de paramètres routiers explicatifs tels la géométrie et l'environnement de la route.

### ***Perspectives***

Le rapprochement du modèle TaMeTirE proposé par Michelin et du modèle de calcul de hauteur d'eau proposé par le LCPC rend envisageable l'estimation, en temps réel, de l'adhérence mobilisable par les véhicules par le biais du dialogue infrastructure - véhicule. L'objectif est maintenant de pouvoir le mettre en œuvre et de démontrer ses performances sur site réel.

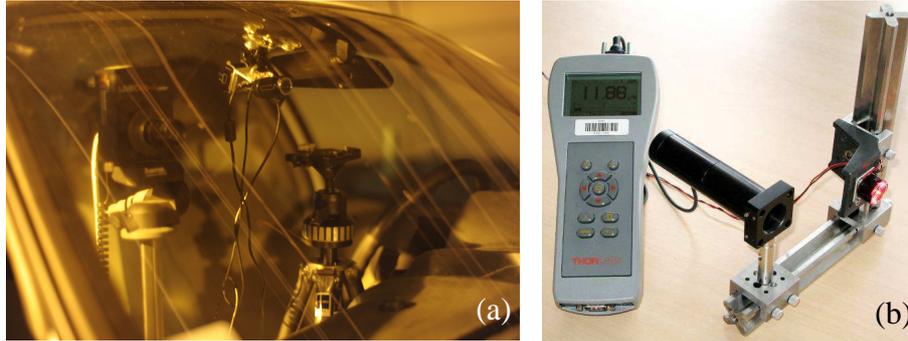
## **3.5 Détection des conditions de visibilité à l'aide de capteurs embarqués**

### ***Méthodes par traitement d'images***

La visibilité mobilisable par un conducteur dépend de trois types de facteurs : la géométrie de la route, son équipement (type de chaussée, marquages,...) et les conditions météorologiques. Le projet PREDIT ARCOS avait déjà abordé la détection du brouillard diurne par caméra embarquée (Hautière et al., 2006). Pour progresser sur la thématique, le projet DIVAS a travaillé sur la détection de brouillard nocturne et la détection de pluie par caméra embarquée derrière le pare-brise du véhicule (Figure 5a).

La détection du brouillard nocturne exploite la complémentarité de deux méthodes : l'une qui consiste à utiliser la rétrodiffusion de la lumière des phares du véhicule équipé de la caméra ; l'autre qui se fonde sur la détection des halos entourant les sources lumineuses présentes dans l'environnement routier. Une méthode de traitement d'images a ainsi pu être proposée, qui permet d'isoler les sources lumineuses potentielles. Des critères permettant d'affirmer la présence de brouillard nocturne et de le caractériser ont été synthétisés (Gallen et al., 2009).

La pluie est détectée par la reconnaissance de gouttes d'eau sur le pare-brise, seule particularité visible dans les images prises par caméra embarquée. Un algorithme temps réel fondé sur des méthodes de traitement d'image bas niveaux a été proposé afin de localiser ces gouttes.



**Figure 5** – Dispositif de détection des conditions de visibilité (a) par caméra embarquée derrière le pare-brise du véhicule et (b) par méthodes optiques.

### *Méthodes optiques*

Un modèle analytique de rétrodiffusion de lumière, développé au LCPC (Taillade et al., 2008), permet de détecter le brouillard et d'estimer la distance de visibilité météorologique par temps de brouillard. Contrairement aux dispositifs classiques comme les transmissomètres, la méthode proposée ne nécessite l'accès qu'à un côté du volume de brouillard à caractériser, ce qui est, bien entendu, un avantage si l'on veut réaliser des mesures embarquées sur un véhicule. Lors des simulations conduites dans la chambre de brouillard du LRPC de Clermont Ferrand, il a été montré que le dispositif (Figure 5b) était peu sensible à la granulométrie des brouillards.

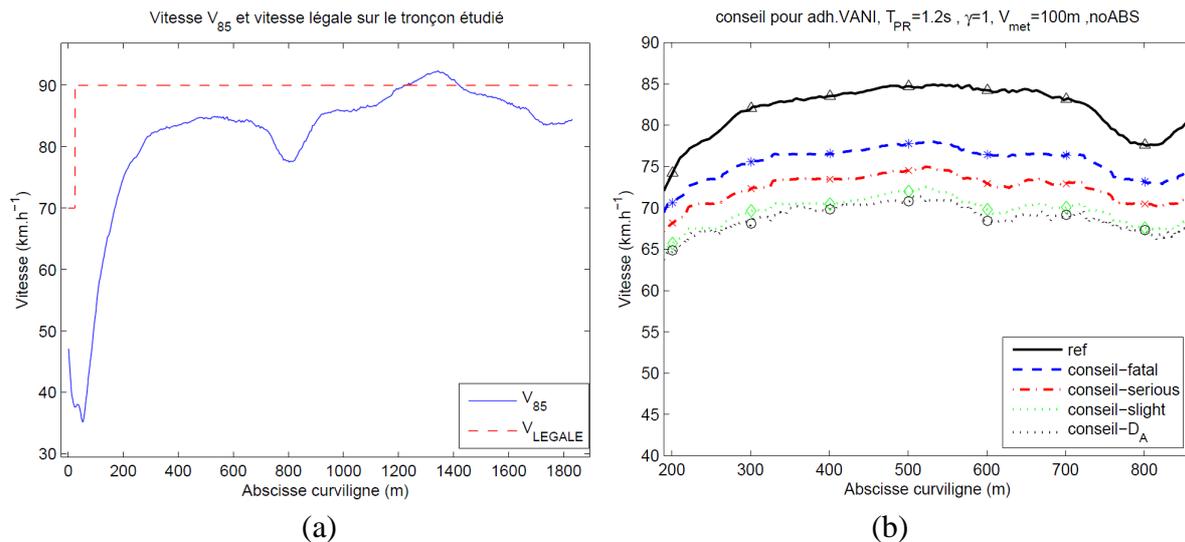
### *Perspectives*

Différents brevets industriels sont en cours en préparation sur les méthodes développées. Le projet ANR ICADAC, lancé en 2009, se fonde en partie sur les travaux réalisés dans DIVAS.

### **3.6 Méthode de calcul de risque et de limites de vitesse**

L'état de l'art sur les méthodes de calcul des vitesses de sécurité a permis de lancer une réflexion approfondie qui a débouché sur une méthode de calcul des vitesses adaptées à un itinéraire, selon les paramètres d'infrastructure et les conditions météorologiques. De ce calcul de vitesse sont déduites les recommandations à faire aux conducteurs (Daklallah et al., 2009). Dans les virages, le calcul de vitesse se fonde sur l'étude de la dynamique du véhicule et du comportement du conducteur. La méthode améliore un certain nombre de méthodes existantes dans la littérature en prenant en compte une description plus détaillée de l'infrastructure (Glaser et al., 2007). Pour optimiser ses paramètres, les données de l'OdT ont été mises à profit.

Dans les lignes droites, la méthode utilise les vitesses de référence mesurées par le VAAC. Elle consiste à maintenir constante la marge de sécurité du conducteur, marge qui est évaluée en calculant la gravité moyenne de chocs potentiels sur des obstacles fixes, suivant l'approche proposée par Richards et Cuerden (2009). Pour estimer la probabilité d'occurrence, les mécanismes d'accidents ainsi que leur répartition statistique, tels que proposés par le CETE Normandie-Centre, sont mis à profit (Figure 6).



**Figure 6** – Calcul proposé par le LCPC d'une vitesse de conseil par modulation (a) de la vitesse de référence calculée par le CETE Normandie-Centre permettant de maintenir la marge de sécurité du conducteur constante selon différentes modalités de calcul du risque. Exemple présenté en présence de brouillard (visibilité de 100 m).

#### 4. Architecture et intégration

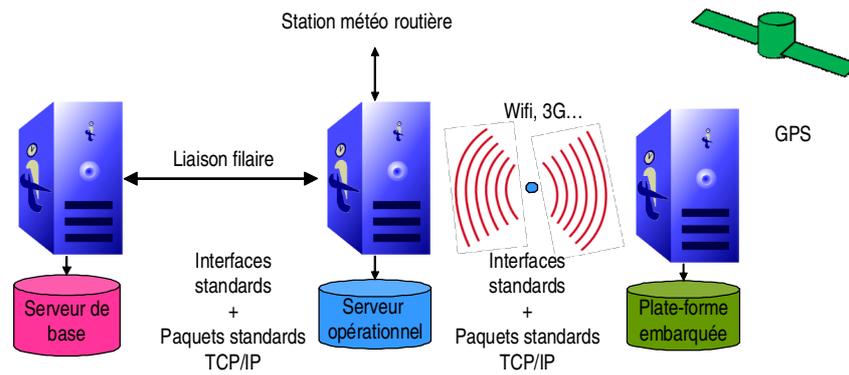
##### *Architecture*

Pour assembler ces différentes innovations en un système efficace, une architecture de communication véhicule - infrastructure, a été conçue par l'INRIA (Figure 7). Elle est composée de trois éléments qui sont :

- un serveur de base qui contient les paramètres bruts de l'infrastructure mesurés par différents appareils à grand rendement ; c'est, en fait, la base de données de l'opérateur ;
- un serveur opérationnel qui contient les données routières mises à jour et géolocalisées sous une forme compréhensible et interprétable par les véhicules ;
- un serveur embarqué dans les véhicules, connecté à la fois au serveur opérationnel et aux capteurs embarqués (bus CAN, caméra...).

##### *Intégration*

L'intégration de ce système a débuté, avec en point de mire des essais de démonstration sur le site fermé du LCPC à Nantes. Les spécifications fonctionnelles et les interfaces nécessaires pour les développements des entités logicielles, matérielles et de leurs modes de communication ont été fixées. Ainsi, des solutions techniques sont d'ores et déjà proposées, en adéquation avec l'architecture fonctionnelle retenue. Le site de Nantes vient d'être complètement équipé et bénéficie de ce fait d'une couverture réseau sans fil intégrale, qui vient compléter la couverture UMTS existante.



**Figure 7** – Architecture d'échange d'informations conçue par l'INRIA dans le projet DIVAS.

## 5. Acceptabilité du système

### *Evaluation de la crédibilité du système*

L'INRIA mène actuellement une étude sur l'acceptabilité, par des conducteurs professionnels, du système DIVAS. Cette étude s'appuie notamment sur des expérimentations réalisées sur un autocar de la CAT, filiale de VEOLIA, entre St Brieuc et Paimpol (22). Ce véhicule, en exploitation régulière, est équipé du système DIVAS. Les réactions des conducteurs professionnels aux recommandations du système seront analysées, ainsi que leur ressenti. A noter que, pour définir l'interface homme machine, le projet DIVAS s'est fondé sur les choix déjà faits dans les projets PREDIT ALZIRA et SAFEMAP, à savoir une alerte visuelle par un pictogramme associé au contexte précis.

### *Evaluation de l'acceptabilité juridique*

L'acceptabilité juridique du système DIVAS par les gestionnaires de réseaux routiers fait l'objet d'une étude conduite par le LCPC, et associant la société ASF, le CG44 et la société d'assurance AXA. Celle-ci a apporté certaines précisions très utiles sur les conditions et les limites d'acceptabilité juridique de systèmes tels que celui conçu dans DIVAS. On a notamment été amené, à distinguer deux cas. Dans le premier cas, le gestionnaire se positionne en simple fournisseur de données vers un autre intermédiaire, qui en fera un service. Dans le second cas, le gestionnaire opère le service lui-même. On est alors assez rapidement amené à considérer que le gestionnaire ne peut apporter ce service que dans un cadre très réglementé. Il est aussi apparu très clairement que les termes des messages qui seront envoyés aux conducteurs seront tout à fait cruciaux et devront être soigneusement pesés.

## 6. Conclusion et perspectives

En se fondant sur les résultats de projets de recherche nationaux ou européens récents, le projet ANR DIVAS propose un dialogue entre les véhicules et l'infrastructure, permettant d'améliorer sensiblement la sécurité routière. Concrètement, ce dialogue permet de proposer aux conducteurs une vitesse limite personnalisée, adaptée aux conditions de circulation. Différents progrès et innovations scientifiques ont été accomplis en termes d'accidentologie, de collecte de données d'infrastructure, de relevés de trajectoires, d'estimation de l'adhérence et des conditions de visibilité atmosphérique. Le tout est à même de s'intégrer dans une architecture de système en cohérence avec les travaux européens en la matière, tout en gardant une indépendance vis-à-vis du standard technologique de communication. L'intégration du système est en cours. Les tests auront lieu au cours du premier semestre 2010 sur le site du LCPC Nantes pour des démonstrations finales à l'automne 2010. D'ors et déjà, il apparaît

clairement que le rôle des gestionnaires routiers est fondamental dans une perspective de déploiement de tels systèmes. C'est pourquoi ils sont associés au plus près aux développements du projet.

## Remerciements

DIVAS est un projet de trois ans qui a débuté en Mai 2007 financé par l'ANR et soutenu par le PREDIT. Le consortium est constitué de quatorze partenaires: LCPC, CETE Normandie centre, CETE Lyon, INRIA, ARMINES, CSTB, INRETS, Université de Poitiers, Université Blaise Pascal, MICHELIN, ASF, Conseil Général des Côtes d'Armor, Conseil Général de Loire-Atlantique, VEOLIA ENVIRONNEMENT. Le projet est labellisé par les pôles de compétitivité MOV'EO et PGCE.

## Références

- Bardet, F., Chateau, T. and Lapreste, J. (2009), « Illumination aware MCMC particle filter for long-term outdoor multi-object simultaneous tracking and classification », in Proc. International Conference on Computer Vision, Tokyo, Japan.
- Bringier, B., Helbert, D. and Khoudeir, M. (2008), « Photometric reconstruction of a dynamic textured surface from just one color image acquisition », J. Opt. Soc. Am. (JOSA) A, 25, 3, pages 566-574.
- Carsten, O. and Tate, F. (2005), « Intelligent speed adaptation: accident savings and cost-benefit analysis », Accident Analysis and Prevention, 37, 407-416.
- Dakhllallah, J., Glaser, S., Mammar, S., Hautière, N. (2009), « A novel modular system for vehicle safe speed limit calculation », in Proc. ITS World Congress, Stockholm, Sweden.
- Daucher, D. et Koita, A. (2009), « Modélisation de trajectoires de véhicules de véhicules en virage par analyse de données expérimentales – application à la sécurité routière », dans Actes du XIXème Congrès Français de Mécanique (CFM'09), Marseille.
- Ehrlich, J. (2009), « Towards ISA deployment in Europe: State of the Art, main obstacles and initiatives to go forward », in Proc. Intelligent Speed Adaptation Conference, Sydney, Australia.
- Gallen, R., Hautière, N. and Dumont, E. (2009), « Static estimation of meteorological visibility distance in night fog with imagery », in Proc. IAPR Conference on Machine Vision Applications, Yokohama, Japan.
- Glaser, S., Nouvelière, L., Lusetti, B. (2007), « Speed limitation based on an advanced curve warning system », in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Istanbul, Turkey.
- Hautière, N., Charbonnier, P., Dumont, E., Glaser, S. and Violette, E. (2008), « Improving the Credibility, and Compliance with, Speed Limits: a Real-World Approach », in Proc. Safe Highways of the Future, Bruxelles, Belgique.
- Hautière, N. and Lepert, P. (2008). « Dialogue between Infrastructure and Vehicles to Improve Road Safety: The DIVAS Approach », in Proc. Transportation Research Arena, Ljubljana, Slovenia.
- Hautière, N., Tarel, J.-P., Lavenant, J. and Aubert, D. (2006). « Automatic fog detection and estimation of the visibility distance through use of an onboard camera », Machine Vision Applications, 17, 1, 8-20.
- Richards, D. and Cuerden, R. (2009), « The relationship between speed and car driver injury severity », Transport Research laboratory, Department for Transport: London.
- SETRA/CETUR (1992), « Sécurité des routes et des rues ».
- Taillade, F., Belin, E. and Dumont, E. (2008), « An analytical model for backscattered luminance in fog : comparisons with Monte Carlo computations and experimental results », Measurement science & technology, 19, 5.