

SARI¹ : COMMENT INFORMER PLUS EFFICACEMENT LES CONDUCTEURS D'UN RISQUE DE PERTE DE CONTROLE DE LEUR VEHICULE.

Marie-Line Gallenne (LCPC)

Yann Goyat (LCPC)

Min Tanh Do (LCPC)

Roland Brémond (LCPC)

Katell Botrel (LRPC Saint – Briec)

Alain Somat (Laureps)

1 Présentation de SARI et des différents thèmes traités

Le projet SARI, dont l'engagement est soutenu par le programme PREDIT², a pour ambition de contribuer à réduire significativement les accidents liés à des pertes de contrôle, en informant mieux les conducteurs des difficultés de conduite auxquelles ils ont à faire face.

Les routes secondaires sont les plus concernées par ce projet, car les comportements de leurs usagers sont principalement influencés par la route elle-même plutôt que par d'autres usagers. Certaines de leurs caractéristiques devraient susciter chez le conducteur, une adaptation pour qu'il évite de se placer dans une situation risquée.

L'objectif recherché est d'évaluer un niveau de risque de perte de contrôle fonction des caractéristiques routières de façon à définir des informations pertinentes pour le conducteur, et le faire passer d'un état d'attention normale à un état d'alerte pour l'amener à modifier son comportement.

Un choix a été fait quant aux difficultés traitées par le projet SARI, il s'agit de celles liées :

- aux ruptures³ physiques de la route qui entraînent des accélérations (ou décélérations) fortes du véhicule ;
- aux ruptures de visibilité et de compréhension de la route, pouvant être aggravées par la présence d'autres véhicules (carrefours,...) ;
- aux dégradations apportées par la pluie et le vent .

SARI doit permettre pour chaque difficulté identifiée ci-dessus :

- d'étendre les connaissances sur les comportements des conducteurs et de leur véhicule conditionnés par les difficultés de la route ;
- de développer des moyens d'identifier et de caractériser ses difficultés ;
- de définir de nouvelles signalisations pour alerter le conducteur sur la dangerosité de sa situation de conduite ;
- d'évaluer, par des expérimentations en vraie grandeur, l'efficacité des informations et leur support mis en place, notamment leur influence sur les comportements des conducteurs.

SARI a été initié et se développe dans le cadre du PREDIT 3. L'originalité du projet réside notamment dans l'articulation entre des activités de recherche à moyen ou long terme et de

¹ SARI : surveillance automatisée des routes pour l'information des conducteurs et des gestionnaires

² PREDIT : Programme français de Recherche, d'Expérimentation et D'Innovation dans les Transports terrestres

³ Rupture : dont le niveau passe d'un état normal à un état dégradé de façon brutale ou non perceptible

la R&D pouvant déboucher à court terme sur des démonstrateurs ou expérimentations sur pistes ou sur routes.

Une des originalités de SARI est d'impliquer, dès le stade de la recherche, les collectivités locales. Les recherches menées, même si elles ont un caractère général, s'appliqueront de préférence aux routes départementales. Les conseils généraux sont associés à la direction du projet en tant que Maîtres d'ouvrage des expérimentations, et partenaires.

1.1 « Ruptures physiques de l'itinéraire »

Les travaux du thème RADARR « Recherche des Attributs pour le Diagnostic Avancé des Ruptures de la Route » concernent la mise en place sur des itinéraires routiers d'un système d'information alertant les conducteurs d'un risque de perte de contrôle de leur véhicule. Le risque étudié est celui lié à une rupture physique de l'itinéraire sur route secondaire.

Dans un premier temps, les trajectoires limites des véhicules sur des virages classés hiérarchiquement en dangerosité seront identifiées et quantifiées. Pour cela, un nouvel outil vidéo sera développé, et les images qui seront enregistrées seront analysées de façon à extraire les trajectoires des véhicules. Cet outil sera expérimenté sur un ou plusieurs sites sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques.

Dans un second temps, des véhicules pour lesquels les sollicitations dynamiques et les commandes pourront être recueillies, circuleront sur les sites choisis. Un niveau de risque sera défini à partir de leurs trajectoires et de leur comparaison aux trajectoires limites.

Une typologie de messages ou de signaux destinés à capter l'attention du conducteur sera proposée selon le niveau de risque établi et les caractéristiques routières en jeu. Ces messages ou signaux seront ensuite incorporés dans des dispositifs de signalisation, qui seront testés sur un ou des sites d'expérimentations. Lorsque l'efficacité du système mis en place sera prouvée, il sera procédé à une évaluation de son déploiement basée notamment sur les coûts d'investissement et d'exploitation.

La pertinence du niveau de risque en virage ainsi proposé sera confrontée à des études en accidentologie. De plus, l'instrumentation optimale des véhicules permettant de diagnostiquer ce niveau de risque sera analysée par rapport aux outils de mesure actuels.

L'équipe constituée de 13 partenaires, est répartie en deux groupes de travail complémentaires intervenant pour :

- mesurer et estimer les trajectoires suivies par tous les véhicules passant dans les zones de test, à partir de systèmes vidéo, de boucles électromagnétique,, installés en bord de voie;
- évaluer les réponses d'un « véhicule de diagnostic », notamment en termes de sollicitations développées au contact pneumatiques / chaussée, lorsque celui-ci suit les trajectoires issues de l'analyse précédente.

Etat d'avancement

Le projet a commencé officiellement à la date du 31 mai 2005 pour une durée de 36 mois.

Une bibliographie sur les trajectoires des véhicules a été réalisée, afin de fournir aux partenaires travaillant sur les notions de trajectoires critiques (identification et estimation) des éléments. Une bibliographie sur les équipements d'alerte des usagers d'un risque de perte de contrôle a été réalisée. Elle permet d'identifier les systèmes à tester sur les sites identifiés par les experts.

Un système vidéo a été choisi pour évaluer la dangerosité d'un carrefour. Le but est de définir des indicateurs « visuels » de risque. Un deuxième système vidéo a été réalisé pour la mesure en continu de trajectoires sur une distance de 100 mètres, en virage.

Pour la partie « véhicule de diagnostic », les partenaires étudient les possibilités de substituer certains capteurs physiques des véhicules en des capteurs moins coûteux, dits

virtuels (logiciel). Les cinq paramètres vitesse, pente, dévers, uni et efforts des roues sont visés.

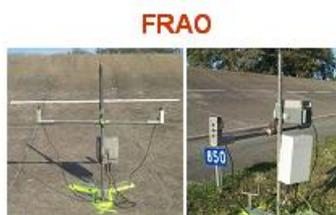
Une étude débute pour identifier des relations entre les efforts de ces véhicules de diagnostic et un capteur ancré dans le sol (MEVI), la plus value de ce système étant d'analyser le comportement dynamique de plusieurs types de véhicules.

► **Comparaison des mesures d'efforts entre un capteur ancré (MEVI) et un véhicule instrumenté (roue dynamométrique):**



Enfin, l'observatoire de trajectoires, composé de sept systèmes de mesure, a été testé, calibré durant deux semaines sur deux virages de la piste de Nantes. Cet observatoire a été installé durant le 2^{ème} semestre 2006 sur un des trois virages choisis par des experts en sécurité routière.

► **Sept systèmes de mesures pour un observatoire de trajectoires**



► Passages du véhicule de l'INRETS 307 sur un des sites choisis



1.2 « Ruptures en conditions météo dégradées »

Le thème IRCAD : Informer des Risques de rupture de l'itinéraire en Conditions Atmosphériques Dégradées, complémentaire au thème précédent, s'intéresse au risque lié à une dégradation brutale de l'adhérence du fait de la pluie, qui peut être aggravé par l'effet éventuel du vent.

Une phase de recherche et de développement doit permettre de proposer des outils visant à établir des niveaux de risque sur un itinéraire, à partir desquels sont implantés des systèmes d'information. Deux fonctions sont développées :

- une fonction de « détection » des zones de faible adhérence ;
- une fonction d'« évaluation » du risque de perte de contrôle.

La détection est basée sur des outils de mesure d'adhérence et de recueil de données météorologiques. Des modèles permettent de combiner les deux types de données pour anticiper sur une dégradation de l'adhérence par temps pluvieux. L'évaluation du risque est basée sur deux approches complémentaires :

- l'une utilisant des analyses statistiques de données (incluant des constats d'accident) permettant d'établir un facteur de risque à partir de la connaissance des précipitations, de l'état de la route (adhérence notamment) et du trafic ;
- l'autre utilisant des simulations du comportement d'un véhicule permettant de mieux comprendre l'influence mutuelle des attributs de la route.

Le risque évalué est utilisé pour définir une typologie de messages ou de signaux destinés à capter l'attention du conducteur. Ces messages ou signaux sont ensuite incorporés dans des dispositifs de signalisation, testés sur le site d'expérimentation.

Des itinéraires routiers en rase campagne sont choisis. Un diagnostic amont est fait afin d'établir une cartographie de risques. Une observation sur une durée significative (une année), permettant de couvrir une fréquence suffisante de périodes pluvieuses et venteuses, permet :

- de confirmer la dégradation de l'adhérence dans les zones identifiées lors du diagnostic amont ;
- d'étudier l'effet de la signalisation sur le comportement des conducteurs, notamment en termes de réduction de vitesse.

Lorsque l'efficacité du système mis en place est prouvée, il est procédé à une évaluation de son déploiement basée notamment sur les coûts d'investissement et d'exploitation.

Lancé en Mai 2005, le thème s'échelonne sur 3 ans et fait intervenir 9 partenaires.

Avancement des travaux

Un état de l'art a été produit sur les aspects suivants :

- Méthodes de diagnostic de l'état d'adhérence des chaussées ;
- Utilisation des véhicules instrumentés pour l'estimation d'un état d'adhérence ;
- Systèmes d'information : nature, typologie de messages, expériences antérieures ;
- Apport des projets APTP⁴ et ARCOS⁵.

Un modèle permettant de calculer une hauteur d'eau sur la chaussée a été développé. L'originalité du modèle réside dans sa capacité à anticiper l'évolution du mouillage de la chaussée, même après la pluie. L'occurrence des accidents étant élevée après la pluie, on se rend compte de l'utilité des investigations pendant la période de séchage. Une campagne d'essais a été lancée sur divers revêtements de la piste d'essais du LCPC de Nantes. Ces essais ont permis de valider des prévisions du modèle par comparaison avec des mesures de hauteurs d'eau.

► Différents revêtements de la piste de référence du LCPC Nantes dont les coefficients de frottement varie entre 0.1 et 07



$0,1 < \mu < 0,7$

La détermination du rapport adhérence mobilisée/adhérence disponible, appelé « taux de sollicitation relatif », en fonction de la vitesse du véhicule, du revêtement de chaussée et de son mouillage est l'un des objectifs majeurs de IRCAD. Des courbes ont été établies à partir de données expérimentales de la littérature. Elles donnent la variation du μ_{\max} (adhérence disponible) en fonction de la vitesse pour deux types de revêtement et trois mouillages de la chaussée.

⁴ APTP : projet PREDIT accidents par temps de pluie

⁵ ARCOS : action de recherche concertée du PREDIT 2 pour une conduite en sécurité

► Comparaison de différents moyens de mesure de l'adhérence



Il est prévu de confronter trois bases de données distinctes : constats d'accidents, fichiers BAAC, pluviométrie et trafic, afin de calculer, pour un itinéraire donné, le risque d'accident et le sur-risque par temps de pluie. Il s'agit de développer une méthodologie en se basant sur des données existantes de la région de Haute-Normandie. L'objectif final est de transposer cette méthodologie à l'analyse des données de la région où se dérouleront des expérimentations (département des Côtes d'Armor). Des analyses ont été faites sur deux départements de la Haute-Normandie.

Par ailleurs, le développement d'un modèle simple de dynamique des véhicules est en cours, avec pour application l'étude de la stabilité sur sol mouillé des véhicules légers, qui sont soumis éventuellement à des sollicitations du vent. A ce stade, il s'agit d'intégrer un module « mouillage » et un module « vent » dans le modèle existant. Le module « vent » est maintenant implémenté.

Initiée dans le cadre du projet PREDIT « ARCOS », le développement d'une méthode d'estimation de l'adhérence disponible et son implémentation pour un fonctionnement en temps réel sur un véhicule de tourisme, sont poursuivis dans IRCAD. L'originalité du travail réside dans la comparaison et le recalage de grandeurs physiques (glissement de roue, angle de dérive) obtenues à partir de deux sources : instruments de mesure et simulateur.

Pour l'objectif de mise au point des systèmes de mesure fournissant des données d'entrée au modèle de mouillage-séchage, le capteur AQUASENS permettant la mesure de hauteurs d'eau, a été calibré.

Concernant les expérimentations in situ, des itinéraires routiers ont été identifiés.

1.3 « Ruptures de visibilité et de compréhension de la route »

La perception visuelle joue un rôle fondamental dans la tâche de conduite. On évoque généralement que 90% des informations utilisées par les conducteurs dans leur tâche de

conduite sont visuelles. Par ailleurs, les recherches menées par l'INRETS sur les erreurs humaines dans les accidents de la route, mettent en évidence l'importance des erreurs correspondant à l'analyse de la situation. Globalement, la visibilité et la lisibilité constituent deux des sept critères fondamentaux d'appréciation de la sécurité d'une infrastructure routière.

VIZIR a pour but d'étudier la visibilité routière sur des itinéraires, ainsi que deux types de risques visuels liés à des situations routières interurbaines : carrefours et hauts de côte en ligne droite. Le programme de travail a été élaboré pour parvenir à développer une méthodologie et des outils de diagnostic utilisables sur un itinéraire routier, de manière à proposer un ensemble de solutions permettant de réduire la dangerosité de sites potentiellement accidentogènes. L'objectif de ces outils est de pouvoir décrire la perception visuelle offerte par un environnement routier selon trois axes distincts : d'une part en terme de visibilité/lisibilité de l'environnement, d'autre part en terme de trajectoires induite (pour les véhicules) et enfin en terme d'analyse de scène routière à l'approche d'une difficulté.

En plus de l'analyse d'un itinéraire complet, deux situations particulières ont retenu plus particulièrement notre attention : le carrefour routier et le haut de côte en ligne droite. VIZIR propose, pour ces trois situations, de définir des indicateurs de risque, et des dispositifs de mesure de ces indicateurs (systèmes de diagnostic). A partir de ces diagnostics, des solutions de signalisation spécifiques ou des aménagements légers (et réversibles) seront proposés et mis en œuvre afin d'agir sur le risque identifié. Cette notion de risque est étudiée sur la base d'indicateurs quantifiables liés à l'analyse des trajectoires ainsi qu'à l'accidentologie.

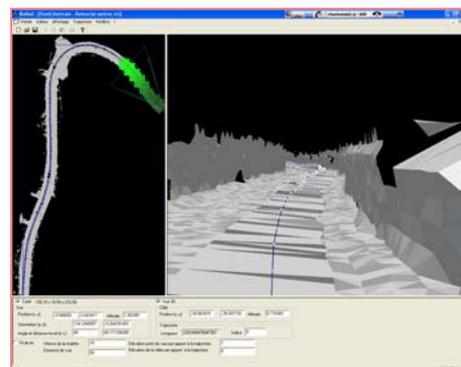
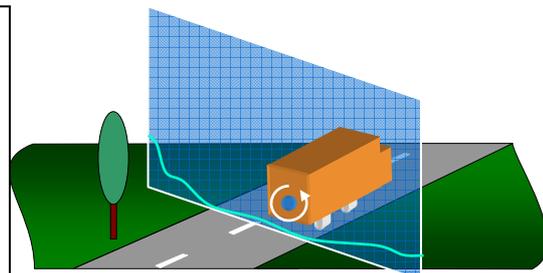
► Moyen de mesure et calcul de la visibilité offerte par la route

Logiciel « Ballad »

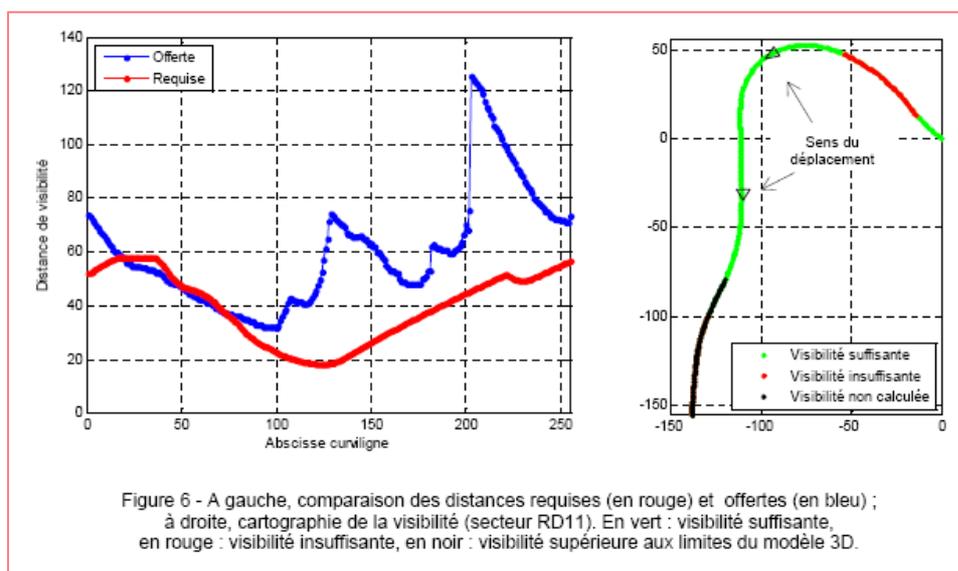
- Lancer de rayon
- Utilisation de la carte graphique

Deux calculs de la visibilité

- Cible virtuelle à distance fixe (tel que mesuré par deux véhicules aujourd'hui) : « Vu » / « Non vu »
- Cible 3D mobile : Distance maximale visibilité



► Comparaison de la visibilité offerte / visibilité requise



Pour réduire la dangerosité d'un site, trois types de prescription seront envisagés : la réalisation d'aménagements routiers mineurs (et réversibles), la modification locale de la réglementation ou de la signalisation, et l'installation de systèmes d'information du conducteur sur la présence d'autres usagers en carrefour (signalisation dynamique). Des expérimentations seront menées pour tester les différentes méthodologies de diagnostic et évaluer les solutions prescrites en installant et en exploitant pendant une durée déterminée les solutions curatives proposées.

L'efficacité du dispositif complet « diagnostic/curatif » sera évaluée par des expérimentations de type « avant / après » sur des sites routiers qui ont été choisis avec les Conseils Généraux partenaires (22, 49 et 91). Pour cela, une coordination avec le projet RADARR devrait permettre une mutualisation des moyens et/ou des mesures concernant l'utilisation des observatoires des trajectoires

Ce thème a débuté en décembre 2005.

1.4 AJISE : utilité de l'information et « acceptabilités » par les conducteurs et les gestionnaires

AJISE : Acceptabilité Juridique, Individuelle, Sociale, Economique

Les objectifs de ce thème transversal sont :

- D'évaluer (ou aider à évaluer) l'acceptabilité des solutions SARI proposées par les 3 autres thèmes selon leurs cibles respectives ;
- De définir à cet effet des méthodes expérimentales à appliquer sur des terrains.

Il a de ce fait un rôle transversal méthodologique, de conseil, d'appui, voire d'intervention si nécessaire auprès des autres thèmes, pour harmoniser les méthodes et accompagner la mise en place et le déroulement des expérimentations. Les solutions proposées par les thèmes « techniques » de SARI (RADARR, IRCAD, VIZIR) doivent être évaluées quant à leur impact. Outre les critères techniques proposés par ces groupes on s'intéresse à :

Traiter des aspects généraux de prise en compte et d'acceptabilité par l'utilisateur d'une information implantée en bord de voie l'acceptabilité de l'utilisateur, avec deux aspects :

- l'acceptabilité individuelle : comment les messages fournis par l'infrastructure sont-ils perçus aux sens ergonomiques de la perception et de l'assimilation du signal (lisibilité, pertinence, compréhensibilité, positionnement adéquat en distance et en temps par rapport au danger à signaler...) ?
- l'acceptabilité sociale : les effets du type d'information délivré par le dispositif sur la valeur que l'on attribue à l'utilisateur et la manière dont les dispositifs affectent le jugement de responsabilité que l'on peut porter sur l'utilisateur,
- les liens entre les acceptabilités sociale et individuelle notamment la confiance.

► Ce type de message est-il acceptable ?



Etudier les conditions de déploiement par les gestionnaires publics, les opérateurs ou constructeurs et notamment les changements dans les rôles et les partages de responsabilités, les questions économiques (solvabilité du marché) et les partenariats public-privé à établir l'acceptabilité des instances, avec également deux aspects :

- l'acceptabilité juridique : les messages s'intègrent-ils dans les pratiques juridiques (code de la route, pratique des assurances...) ou conduisent-ils à amender la législation ? la fourniture des messages SARI au conducteur engage-t-elle la responsabilité juridique (pénale) des gestionnaires en cas d'accident résultant de la signalisation (ou de son absence) ? se rapproche-t-elle du sentiment de responsabilité des individus ?
- l'acceptabilité économique : la mise en place des solutions est-elle acceptable financièrement, les solutions offrent-elles une garantie de durabilité suffisante mais aussi d'évolutivité technique en conservant le même objectif fonctionnel ?

Il a été convenu de construire une méthodologie générique pouvant être réutilisable par chacun des thèmes techniques. AJISE, en collaboration avec RADARR, IRCAD et VIZIR définit cette méthodologie, qui permet l'évaluation expérimentale de l'acceptabilité des solutions SARI. Cette mise au point méthodologique commune est réalisée au cours des trois phases du projet SARI :

- avant les expérimentations
- pendant les expérimentations
- après les expérimentations.

Avancement des travaux

Démarré en décembre 2005, ce thème transversal est prévu sur 4 ans.

Une première série de manipulations en laboratoire a été réalisée au mois de février 2006 auprès de 650 sujets par le Laureps sur la nature des messages. L'objectif est d'évaluer la pertinence d'un message descriptif (information relative aux conditions de la route), évaluatif

(jugement de valeur sur le comportement du conducteur) ou prescriptif (prescription de comportement). Les résultats sont en cours, d'autres pré-tests sont prévus au cours des prochains mois et l'ensemble des résultats de ces pré-tests sont attendus pour le mois de novembre 2006.

2 Conclusion

Dans le projet de recherche SARI, l'infrastructure se place au cœur du système conducteur-véhicule-infrastructure. Les outils et les équipements développés et évalués permettent de mesurer l'implication de la route dans les risques de pertes de contrôle. Grâce aux méthodes de diagnostic mises en œuvre, aux observations des véhicules dans des zones particulières (virages, carrefours, hauts de côte), de nouvelles signalisations seront proposées et leur effet sur les conducteurs sera examiné. Les solutions réalisées s'adressant aux routes départementales, le partenariat avec des Conseils Généraux est aujourd'hui effectif et efficace. Si les informations proposées aux conducteurs sont aujourd'hui portées par l'infrastructure, leur transfert dans les véhicules est étudié.

SARI est présenté sur le site www.sari.prd.fr