HAL
open science

Diagnostic de rupture d'un itinéraire : développement et perspectives d'utilisation

Daniel Lechner, Claire Naude, Lghani Menhour

To cite this version:

Daniel Lechner, Claire Naude, Lghani Menhour. Diagnostic de rupture d'un itinéraire : développement et perspectives d'utilisation. PRAC2010, Conférence Sécurité Routière : Prévention des Risques et Aides à la Conduite, May 2010, Paris, France. 10p. hal-00615243

HAL Id: hal-00615243

https://hal.science/hal-00615243

Submitted on 18 Aug 2011

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.

PRAC2010, Conférence Sécurité Routière : Prévention des Risques et Aides à la Conduite, 4-5 mai 2010, Paris, France
Thème 1A : Caractérisation du risque routier vs. infrastructures

DIAGNOSTIC DE RUPTURE D'UN ITINÉRAIRE : DÉVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES D'UTILISATION

Daniel LECHNER
INRETS, Département
Mécanismes d'Accidents
Salon de Provence, France

Claire NAUDE
INRETS, Département
Mécanismes d'Accidents
Salon de Provence, France

Lghani MENHOUR
INRETS, Département
Mécanismes d'Accidents
Salon de Provence, France
HEUDIASYC
Compiègne, France

Résumé

L'application "Diagnostic de rupture d'un itinéraire" consiste à identifier la vitesse limite de franchissement d'une infrastructure routière, en réalisant par simulation temps réel embarquée une extrapolation des comportements observés dans une situation de conduite maîtrisée vers une perte de contrôle. Ces travaux de recherche menés par l'INRETS MA sur son véhicule laboratoire Peugeot 307 ont été initiés dans le cadre du projet RADARR du programme SARI, et sont illustrés par l'évaluation de la vitesse limite de franchissement sur un site expérimental situé dans les Côtes d'Armor. Les influences de variantes de paramétrage, concernant la pression de gonflage de pneumatiques, les performances du conducteur et l'adhérence du revêtement, sont également illustrées. On évoque enfin les perspectives de déploiement de cette application.

Mots-clés: Dynamique des véhicules, perte de contrôle, automate de conduite, vitesse limite, diagnostic, infrastructure routière, temps réel.

Abstract

The application "Rupture Diagnosis on an Itinerary" is aimed at identifying the maximal achievable speed on a road, through an extrapolation of vehicle behaviour, performed by real time embedded simulations. This research work, carried out on INRETS-MA Laboratory Vehicle Peugeot 307, was initiated in the RADARR project, part of the SARI program. The potential of this concept is illustrated through the search of the maximal achievable speed on one experimental site located in the Côtes d'Armor area. The potential influences of different model parameters, including tire inflation pressure, driver performances and road grip level are also illustrated. Finally the perspectives to deploy this application are evoked.

Keywords: Vehicle dynamics, loss of control, driving automat, maximal speed, diagnosis, road itinerary, real time.

1. Introduction

L'application "DIAgnostic de Rupture d'un Itinéraire", baptisée DIARI, consiste à identifier la vitesse limite de franchissement d'une infrastructure routière. Ces travaux de recherche menés par l'INRETS MA sur son véhicule laboratoire Peugeot 307 (Lechner, 2008) ont été initiés dans le cadre du projet RADARR du programme SARI (Action fédérative du PREDIT), dont l'objectif général était la mise en place sur des itinéraires routiers de systèmes d'informations alertant les conducteurs d'un risque de perte de contrôle de leur véhicule, lié à une rupture physique de l'itinéraire en rase campagne.

1.1 Etat de l'art

De nombreux travaux ont cherché à établir une vitesse de franchissement limite ou conseillée sur une infrastructure. Le modèle le plus simple, traditionnellement utilisé dans les systèmes d'alerte est une extrapolation de la formule de l'accélération transversale ; il ne prend en compte que la courbure de la trajectoire ρ et l'état de surface de la chaussée à travers le coefficient de frottement latéral maximal à l'interface pneumatique-chaussée μ_{lat}, associé à l'accélération de la pesanteur g (1). La NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), dans son guide CAMP (2004) pour la conception et le développement des "Curve Warning Systems", complète cette formule en y intégrant l'effet du dévers de la chaussée ϕ (2). Le modèle développé par Glaser (2004), et utilisé par Sentouh et al. (2006), est plus complet (3) : il intègre également la pente θ, et tente de prendre en compte l'habileté du conducteur à travers le coefficient de frottement longitudinal (resp. latéral) utilisé par celui-ci $\lambda_{lat}\mu_{\max}$ (resp. $\lambda_{long}\mu_{\max}$), et quelques caractéristiques qui influencent fortement la stabilité du véhicule, comme la hauteur de son centre de gravité H, ou la distance entre le centre de gravité et l'axe de l'essieu avant (resp. arrière) L_{av} (resp. L_{ar}). Les 3 formules proposées sont les suivantes :

$$V_{\max} = \frac{\sqrt{g\mu_{lat}}}{\rho} \quad (1) \qquad V_{\max} = \sqrt{\frac{g}{\rho}\left(\frac{\phi + \mu_{lat}}{1-\phi\mu_{lat}}\right)} \quad (2) \qquad V_{\max}^2 = \frac{g}{\rho}\left(\left(1 - signe(\theta)\frac{H}{L_{av}}\theta\right)\sqrt{1-\left(\frac{\theta}{\lambda_{long}\mu_{\max}}\right)^2}\lambda_{lat}\mu_{\max} - \phi\right) \quad (3)$$

S'appuyant également sur des formules de ce type, il convient de citer les travaux réalisés par Gothié (2008) dans le cadre de SARI/IRCAD, qui propose une approche détaillée pour déduire une adhérence mobilisable sur chaussée mouillée, à partir de relevés pluviométriques et d'une analyse des lignes d'écoulement de l'eau en fonction de l'orniérage des chaussées.

Concernant les études d'accidentologie de type clinique sur les pertes de contrôle des véhicules, on notera nos propres travaux à partir d'Etudes Détaillées d'Accidents, intégrant l'évaluation sécuritaire de l'ESP (Lechner, 2003), ainsi que des travaux sur les poids lourds menés dans le cadre du PREDIT2 sur le renversement des citernes (Schaefer et al. 2003), puis dans le cadre du programme K du LCPC, à travers les opérations TRUCKS (2003-2007) et PLINFRA (2008-2011). Des papiers traitant de ces aspects seront présentés lors de cette conférence PRAC2010, notamment par Boutelja et Cerezo d'une part et Imine d'autre part.

1.2 Problématique de DIARI

Un diagnostic à grand rendement d'un risque de rupture le long d'un itinéraire ne peut s'envisager de manière opérationnelle qu'avec un véhicule circulant dans le trafic à vitesse et niveau de sollicitation raisonnables, sans faire courir de risques aux usagers. Partant de ce constat, le concept original de DIARI consiste à tirer parti du potentiel de la simulation dynamique embarquée, en extrapolant les comportements réels vers une perte de contrôle virtuelle.

2. Méthodologie de DIARI

La méthodologie développée pour cette application se compose de plusieurs étapes :

- Le système embarqué au sein du véhicule laboratoire de l'INRETS MA découvre l'itinéraire sur la base d'un passage en sollicitations modérées (accélération latérale entre 3 et 6 m/s²), et reconstitue en temps réel le profil de la route.
- Plusieurs instances d'un modèle dynamique, l'un alimenté directement par les commandes du conducteur et les autres fonctionnant avec un incrément de vitesse par rapport au véhicule réel, sont alors lancées.
- Ces modèles permettent d'extrapoler les comportements observés lors du passage réel : par exemple on pourra utiliser trois modèles avec des incréments de vitesses de 10, 20 et 30 km/h.
- Ils s'efforcent de respecter la consigne de trajectoire grâce à un automate de conduite qu'ils intègrent (module logiciel de génération des commandes à appliquer par le conducteur pour respecter cette consigne).
- Le dispositif élabore également tout un ensemble de points de fonctionnement du véhicule par rapport aux limites physiques : niveaux d'accélération, taux de sollicitations relatifs, points de fonctionnement des pneumatiques, violence des prises de roulis et des reports de charge… Les investigations faites concernent notamment l'évolution des points de fonctionnement en fonction de l'augmentation de la vitesse.
- L'objectif final visé est l'identification de la vitesse qui conduira à franchir un des seuils de criticité pré-établis, traduisant l'imminence d'une perte de contrôle virtuelle.

2.1 Reconstruction de la trajectoire de consigne

Parmi les différentes approches envisageables pour reconstituer le rayon de courbure de la trajectoire, nous avons opté pour l'intégration des signaux d'un capteur donnant les composantes longitudinales et transversales de la vitesse. En ce qui concerne la reconstitution des pentes et dévers, en attendant la finalisation d'un observateur embarqué dédié, en cours de développement, nous avons la possibilité de relire en temps réel des fichiers de données issus des relevés de type VANI, qui avaient été réalisés sur les sites expérimentaux de SARI.

2.2 Modèle dynamique

Architecture

Un modèle dynamique de véhicule non-linéaire est bien évidemment nécessaire lorsqu'on envisage d'évaluer les limites de franchissement d'un véhicule dans une courbe. L'architecture retenue est issue des enseignements de nos travaux antérieurs en matière de validation de modèles dynamiques (Lechner et al. 1997, Lechner 2002). Elle vise à obtenir le meilleur compromis possible entre représentativité des phénomènes physiques, validité et simplicité. Il s'agit donc d'un système mécanique à 4 roues, considéré dans un plan, avec trois degrés de liberté (mouvements longitudinal, latéral et de lacet), mais pour lequel on adopte une description tridimensionnelle des forces à l'interface pneumatique-chaussée, qui intègre les transferts de charge, l'influence de l'inclinaison de la route à travers les pentes et dévers, ainsi que les principaux effets de l'élastocinématique des liaisons au sol. Le véhicule laboratoire de l'INRETS MA a pour cela bénéficié d'une caractérisation spécifique sur un banc dédié, car si la précision des capteurs n'influence pas réellement la détermination de la trajectoire limite, la qualité du paramétrage du modèle de véhicule et des pneumatiques peuvent influencer fortement la valeur de la vitesse limite obtenue. En outre, la capacité à faire tourner en temps réel, en parallèle et de manière continue, plusieurs instances de ce modèle est d'une importance capitale dans la réussite de l'application DIARI.

Modélisation des pneumatiques
La modélisation détaillée des pneumatiques dans le modèle de véhicule de DIARI repose sur une formulation de Pacejka couplée, telle que proposée par Bayle et al. (1993). Elle fournit les efforts longitudinaux et transversaux en fonction de 4 paramètres : l'angle de dérive, le taux de glissement, la charge verticale et l'angle de carrossage. La caractérisation des pneumatiques utilisés a été fournie par Michelin au LCPC dans le cadre du programme IRCAD de SARI. La notion d'adhérence du revêtement est donc totalement intégrée dans les données du modèle de pneumatique. Sur la base des informations de la partie gauche de la figure 3, pour la pression de gonflage nominale de 2.4 bar, on peut dire que le niveau d'adhérence transversale maximal disponible est respectivement de 1.05 pour 100 DaN de charge verticale, 0.987 pour 300 DaN, de 0.92 pour 500 daN et qu'il chute à 0.85 pour 700 daN.

2.3 Automate de conduite

Le principe même de vouloir simuler le comportement du véhicule en survitesse par rapport à des passages réels impose de recourir à un automate de conduite, c'est-à-dire un module logiciel développé en faisant appel à des techniques de l'automatique, et permettant de générer les commandes que devrait appliquer un conducteur au modèle de véhicule, pour obtenir le respect de la trajectoire de consigne. En effet, si on se contente d'augmenter la vitesse dans le modèle, tout en conservant les commandes réelles du conducteur mesurées avec une vitesse inférieure, la trajectoire obtenue sera simplement plus ouverte, en raison du gradient de sousvirage naturel de la plupart des véhicules à architecture classique (traction avant), qui fait que le braquage doit augmenter avec la vitesse pour respecter une trajectoire identique. Cependant les sollicitations dynamiques associées, notamment les accélérations transversales et angles de dérive, n'auront qu'un lointain rapport avec celles d'un véhicule franchissant réellement ce virage avec une vitesse correspondant à l'extrapolation envisagée. Les spécifications de cet automate sont d'être suffisamment performant pour assurer un suivi rigoureux de la trajectoire du véhicule, sans générer d'instabilité, et même de présenter des écarts par rapport à la trajectoire de référence, qui seraient uniquement liés à la dynamique intrinsèque du véhicule simulé (amorce de sur ou sousvirage). Ces travaux font l'objet d'une thèse menée en collaboration avec le Laboratoire HEUDIASYC. Plusieurs approches ont été menées en parallèle pour concevoir cet automate. La version utilisée dans le cadre des travaux présentés dans cet article utilise deux jeux de multi-contrôleurs PID, assurant d'une part le respect de la consigne de lacet, et d'autre part le respect de l'écart latéral. Ces contrôleurs ont été synthétisés à partir de la méthode de Ziegler-Nichols (Menhour et al., 2009, 2010).

3. Résultats

3.1 Validation des différents composants

Les différents composants de l'application DIARI ont été validés d'abord individuellement puis ensemble en tirant parti des trois campagnes d'essais réalisées entre 2006 et 2008 sur les différents sites retenus pour le projet SARI dans le Département des Côtes d'Armor. Le modèle dynamique a déjà été validé en boucle ouverte (avec des entrées volant prédéterminées), puis en boucle fermée avec l'automate de conduite, sans puis avec une vitesse incrémentée. Cette dernière partie fait l'objet d'une approche originale : un essai réel, réalisé sur l'un des sites SARI est utilisé avec un incrément de vitesse et les résultats de simulation sont comparés avec ceux d'un autre essai réalisé sur le site et dont la vitesse réelle est cette fois égale, avec moins d'un km/h d'écart dans le virage proprement dit, à la vitesse du premier essai incrémentée. Cette approche nous a conduit à réaliser des passages à vitesses très stables lors de nos campagnes sur les sites, pour nous fournir le matériel nécessaire à cette partie spécifique de la validation. La figure 1 présente cette comparaison avec un incrément

de 30 km/h. Les résultats obtenus sont satisfaisants et l'association de l'automate, même avec un modèle de véhicule non linéaire, peut être considérée comme validée.

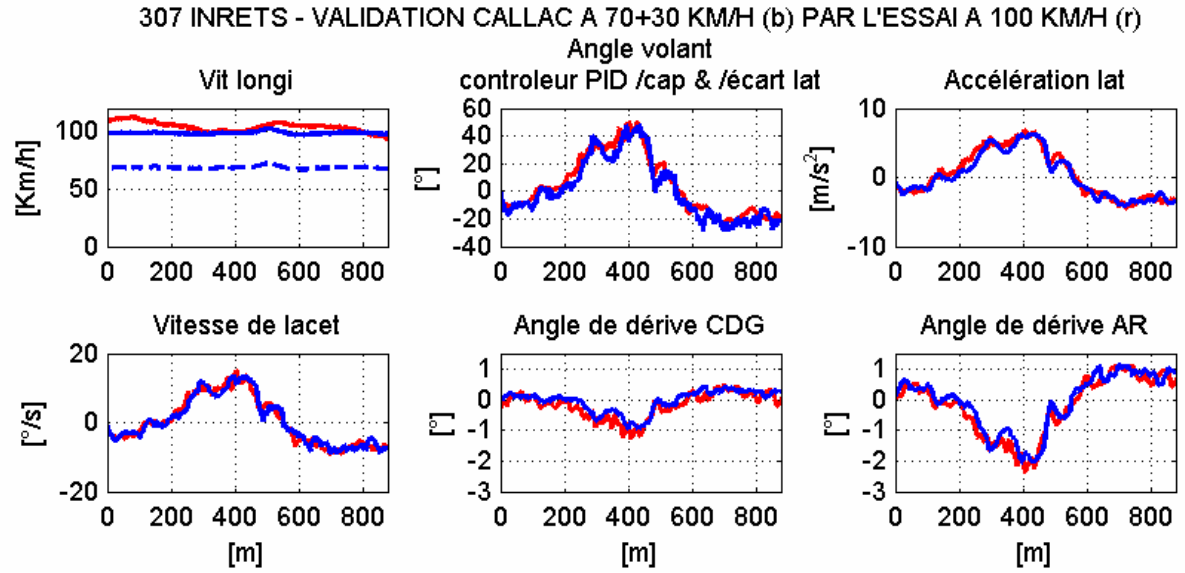

Figure 1 - Validation de l'ensemble Modèle de véhicule-Automate de conduite : un essai à 70 km/h est lancé avec un incrément de vitesse de 30 km/h et comparé avec un essai à 100 km/h

3.2 Recherche de la vitesse limite de franchissement sur les sites expérimentaux de SARI

La valorisation finale du concept de DIARI dans le cadre de RADARR s'est traduite par l'identification de la vitesse de franchissement limite sur les 3 sites expérimentaux de SARI, retenus pour RADARR, identifiés comme particulièrement accidentogènes.

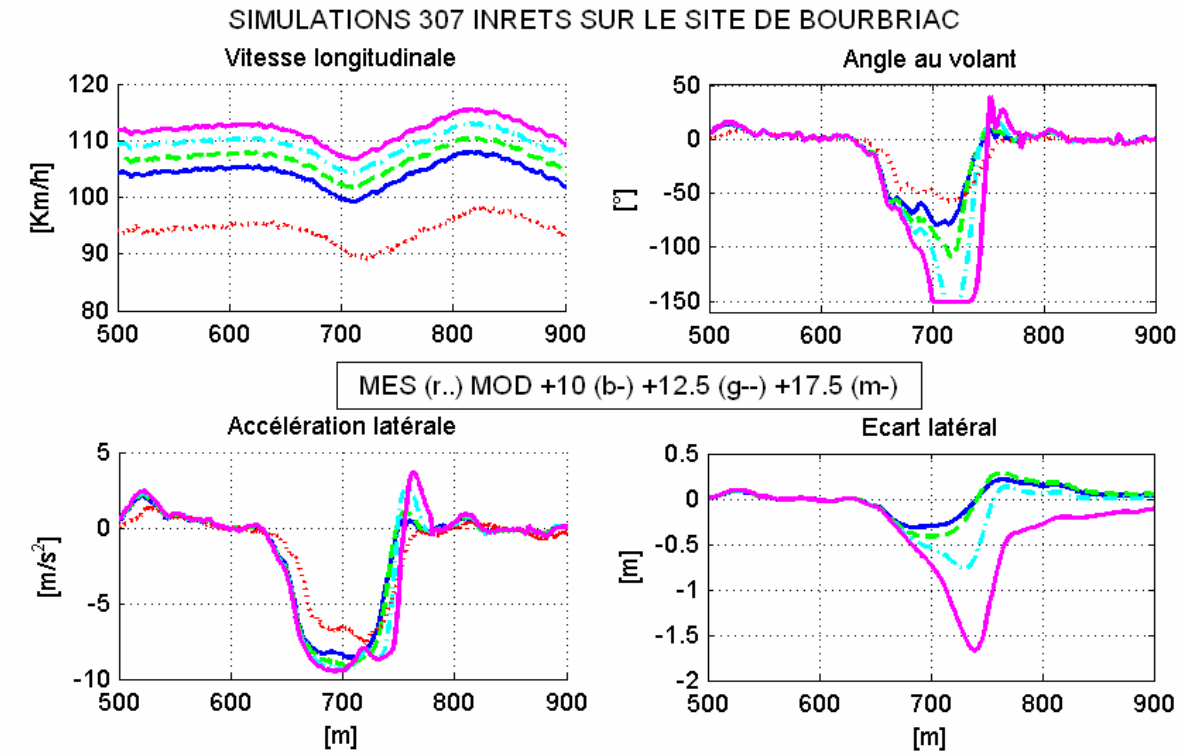

Figure 2 - Mise en oeuvre de DIARI sur le site de Bourbriac : données mesurées sur la voiture (en rouge) et issues des extrapolations : c'est la vitesse de 104 km/h (cyan) qui est considérée comme la limite, au-delà l'écart latéral dépasse 1m par rapport à la consigne.

Notre démarche est d'utiliser dans un premier temps des incréments de vitesse de 10, 20 et 30 km/h sur la base des 2 essais les plus sollicitants réalisés sur chacun des sites. Une fois que la rupture a été cernée dans une plage de 10 km/h, nous avons cherché à l'identifier de manière plus précise en effectuant un rejeu à l'intérieur de cette plage avec des incréments de vitesse de 2.5, 5 et 7.5 km/h. Les résultats de cette dernière simulation sont présentés à la figure 2, pour le site de Bourbriac : on en déduit une vitesse de franchissement limite de 104 km/h. Au-delà on considère que le sousvirage se traduit par un écart trop important par rapport à la consigne de trajectoire. Ces résultats sont davantage détaillés dans Lechner et al. (2009).

Pour les trois sites, on peut retenir des vitesses de franchissement limites de 104 km/h pour Bourbriac, 120 pour Callac et 130 km/h pour Rostrenen, qui correspondent à la vitesse au-delà de laquelle une perte de contrôle va se produire, en tenant compte des hypothèses modélisées : chaussée sèche, véhicule 307 en bon état, équipé de pneumatiques performants et correctement gonflés.

3.3 Variantes concernant le véhicule, le conducteur et l'infrastructure

Position du problème

Si les résultats donnés ci-dessous sont forcément en partie liés aux caractéristiques dynamiques du véhicule d'essai, le principe d'extrapolation virtuelle vers la perte de contrôle est sans limite, et permet potentiellement de tester toute variante envisageable au niveau des paramétrages des modèles. Le point fort de l'application DIARI est en effet qu'à partir du moment où elle repose sur une modélisation détaillée et précise des trois composantes du système véhicule-conducteur-infrastructure, elle permet d'intégrer n'importe quelle variante sur l'un ou l'autre paramètre de l'une ou plusieurs de ces trois composantes, dans la mesure où l'on sait modéliser de façon valide cette variante d'hypothèse.

Nous allons illustrer ce point, sur la base de rejeux effectués à partir de la vitesse limite évaluée pour le site de Bourbriac au paragraphe précédent, pour chacune des trois composantes du système à travers respectivement :

- Pour le véhicule : le test de l'influence de la pression de gonflage des pneumatiques,
- Pour le conducteur : le test d'une variante de vitesse de braquage du volant,
- Pour l'infrastructure : le test d'une adhérence sol mouillé en se basant sur les données de l'appareil Griptester tiré par l'appareil à grand rendement VANI (Gothié, 2005).

Influence de la pression de gonflage des pneumatiques

Nous disposions de variantes de caractérisation du modèle de pneumatique utilisé pour une pression de gonflage de 1.8 bar, au lieu des 2.4 bar de base. La figure 3 montre, dans sa partie gauche, comment se traduit cette variante en terme d'effort transversal. On remarque que les phénomènes ne sont pas homothétiques, mais que l'on observe plutôt des niveaux d'effort et de rigidité de dérive (pente à l'origine) supérieurs avec 1.8 bar de pression pour les faibles charges verticales, et supérieurs pour les fortes charges. Equipé d'une combinaison de pressions de gonflage avant/arrière de 1.8/2.4 bar, au lieu de 2.4/2.4, on constate (figure 4 gauche) que le véhicule possède un comportement davantage sous-vireur, d'où un braquage de l'automate qui augmente plus tôt et plus vite, et qui se traduit par un écart par rapport à la trajectoire de consigne plus important, qui atteint 1.2 au lieu de 0.7 m précédemment, pour la vitesse limite de 104 km/h identifiée à la pression de 2.4/2.4. On montre alors que pour rester à un écart latéral équivalent, il convient de descendre la vitesse limite de 1.5 km/h, soit une nouvelle vitesse limite de franchissement de 102.5 km/h avec ses pneumatiques avant sous-gonflés (figure 4 droite).

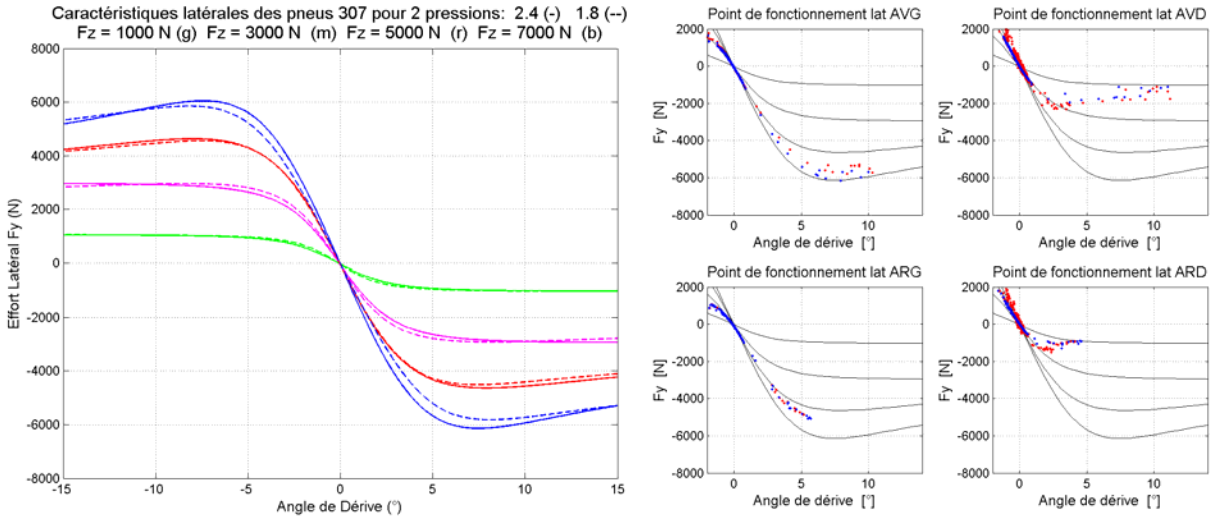

Figure 3 – Caractéristiques transversales des pneumatiques pour des pressions de gonflage de 2.4 et 1.8 bar (communiquées par Michelin au LCPC) à gauche – Comparaison des points de fonctionnement pour les configurations Av/Ar de 1.8/2.4 (rouge) et 2.4/2.4 bar (bleu) à droite

On note également sur la partie droite de la figure 3, qui présente les points de fonctionnement transversaux des pneumatiques, que c'est essentiellement la roue AVG surchargée, qui provoque cet excédent de sous-virage, le pneumatique AVD délesté, ayant au contraire tendance à générer un effort légèrement supérieur que lorsqu'il est correctement gonflé.

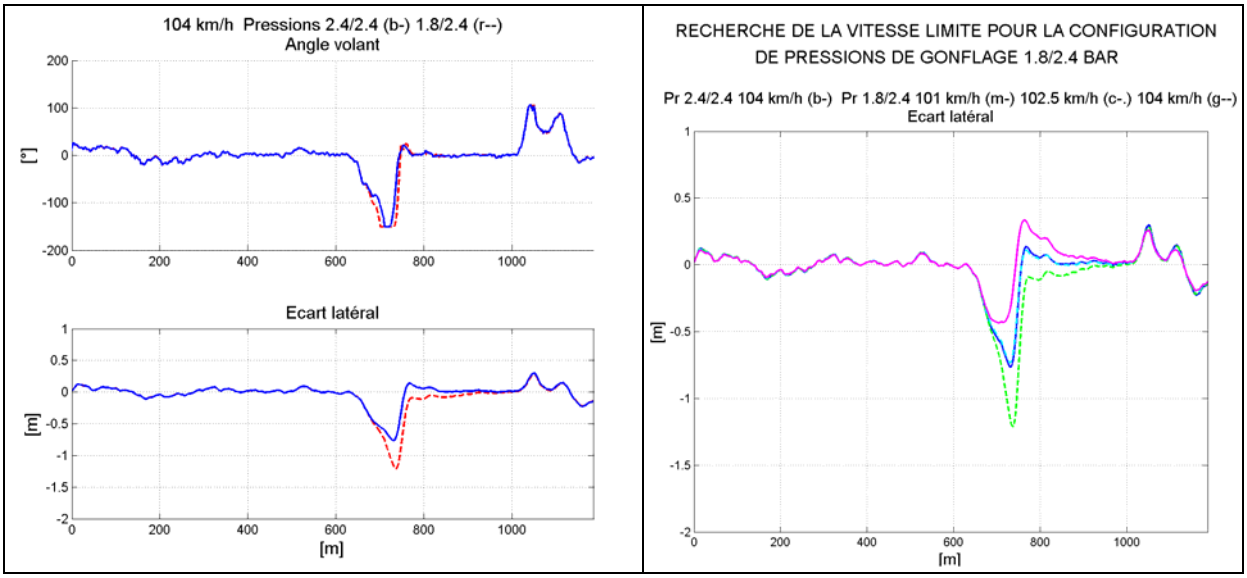

Figure 4 – Comparaison des commandes volant et des déviations latérales pour les configurations de pression Av/Ar de 1.8/2.4 et 2.4/2.4 : la vitesse limite admissible baisse de 104 km/h (partie gauche, avec un écart latéral supérieur à 1 m) à 102.5 km/h (partie droite)

Influence de la vitesse de rotation du volant

Nous avons montré (Lechner et Perrin, 1994, Lechner 2002) que les conducteurs, confrontés à une situation d'urgence, se différencient par leur capacité à appliquer des vitesses de rotation au volant plus ou moins élevées. Dans la version de base de l'automate, qui reproduit le comportement d'un conducteur assez performant, nous avons limité le braquage à 150° et la vitesse de rotation à +/-500°/s. Si on fait l'hypothèse d'un conducteur moins habile et plus lent, dont l'amplitude de braquage serait limité à 75° et la vitesse de rotation du volant à +/-250°/s

(figure 5 gauche), on constate (figure 5 droite) que l'écart latéral est alors de 1.20 m à 104 km/h et qu'il convient de descendre à 102.5 km/h pour avoir un déport équivalent de 0.7 m.

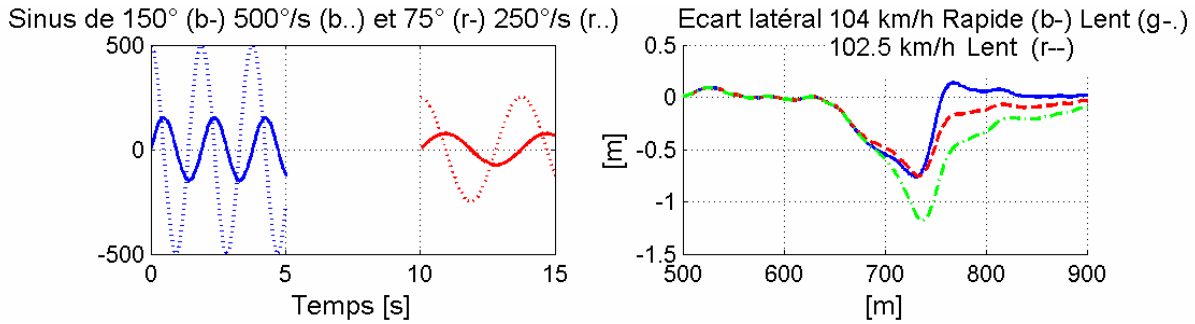

Figure 5 – Avec des commandes volant limitées à 75 ° et 250°/s , au lieu de 150° et 500 °/s, (comparaison à gauche sur un sinus), la vitesse limite admissible baisse de 104 à 102.5 km/h

Influence de l'adhérence du revêtement

Nous disposons sur les sites expérimentaux de SARI des relevés réalisés par le LRPC de Lyon avec l'appareil VANI, qui intègre une information d'adhérence fournie par un Griptester. Si on considère le cas d'une chaussée mouillée en faisant l'hypothèse que les caractéristiques du pneumatique sur chaussée sèche sont modulées par l'adhérence VANI, augmentée de 20 % pour ne pas obtenir de valeurs trop basses, on démontre que la vitesse limite de franchissement du site chute à 89 km/h, qui est la vitesse maximale à laquelle nous avons pu franchir ce virage sur chaussée sèche. Au-delà on aboutit à des trajectoires significativement trop éloignées de la trajectoire de référence, traduisant le sous-virage supérieur du véhicule.

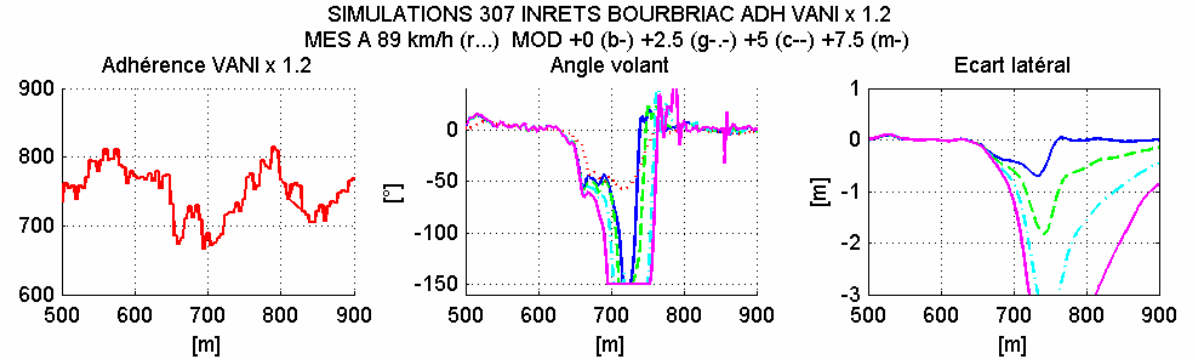

Figure 6 – Comparaison des commandes volant et des déviations latérales pour une adhérence chaussée mouillée (i.e. modèle sec modulé par 1.2 fois l'adhérence VANI) : la vitesse limite admissible baisse de 104 km/h à 89 km/h (en bleu sur la partie droite)

4. Conclusions et perspectives de déploiement

L'INRETS MA a réussi à développer tous les composants nécessaires au fonctionnement de cette ambitieuse application et les premiers résultats obtenus sont très prometteurs. Au-delà des améliorations possibles des modèles dynamiques et automates, certains approfondissements sont également envisagés :

- la création d'un module de fusion des différentes méthodes de détermination de la trajectoire de consigne,
- le complément des scénarios testés en y intégrant des erreurs de conduite (lever de pied, coup de frein en virage), ainsi que l'intégration du fonctionnement de l'ESP,
- l'amélioration des critères d'identification de la vitesse maximale sur un virage donné.

L'application DIARI tourne actuellement sur le véhicule laboratoire de MA sur un PC unique (Intel Core2 Duo à 3 GHz) avec d'autres application en parallèle (acquisition de 256 voies analogiques à 100 Hz et de plusieurs ports série, autres logiciels embarqués). La consommation de ce PC est de l'ordre de 10 A sous 12 V.

Notre objectif à terme est de déployer cette application sur un système embarquable d'un coût modéré, intégrant tous les composants nécessaires : capteurs, modèles dynamiques et modules logiciels associés, tel qu'EMMA2 développé par l'INRETS MA sous la forme d'un EDR (Figure 7), qui est un système de faible encombrement, de faible poids et d'une consommation électrique très réduite (300 mA sous 12 V).Les véhicules équipés, considérés comme des véhicules traceurs, pourraient être dans un premier temps mis en œuvre par des gestionnaires d'infrastructure (Conseil Généraux…) pour produire des connaissances plus riches sur les caractéristiques des itinéraires dont ils ont la charge, enrichir des bases de données routières ou alimenter des panneaux à messages variables. A plus long terme, lorsque les outils de communication inter-véhicules seront davantage matures, on peut également envisager qu'un véhicule équipé puisse communiquer ses informations aux usagers qui vont être confrontés, dans un futur immédiat, aux difficultés des itinéraires parcourus.

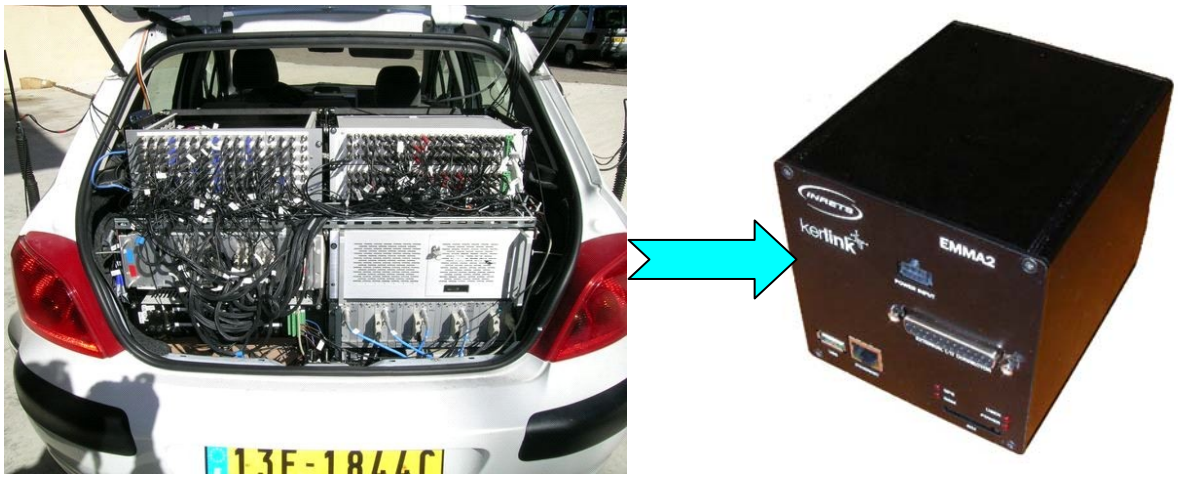

Figure 7 – Perspectives d'utilisation de DIARI : du prototypage sur le véhicule 307 de l'INRETS MA vers le déploiement sur le système EMMA2

Remerciements

Les auteurs remercient la DSCR pour le financement du programme RADARR de SARI dans le cadre du PREDIT, Marie-Line Gallenne pour la conduite de SARI, Yann GOYAT et Minh-Tan Do (LCPC) pour la conduite de RADARR et IRCAD respectivement. Les auteurs remercient également les autres membres de l'Équipe Dynamique des Véhicules de MA, Damien Thomas, Eugenio Barletta et Steve Belon pour leurs contributions aux travaux de DIARI, Olivier Bellot et Loïc Baqué pour la mise en œuvre du véhicule instrumenté Peugeot 307, Ronan Queguiner (ERA 33, St Brieuc) pour son accompagnement sur les sites de SARI, ainsi qu'Ali Charara (HEUDIASYC) pour le co-encadrement de la thèse de Lghani Menhour.

Listes des abbréviations

- DIARI: DIAgnostic de Rupture d'un Itinéraire,
- SARI : Surveillance Automatisée des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires,
- PREDIT : Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres,

- RADARR : Recherche des Attributs pour le Diagnostic Avancé des Ruptures de la Route,
- IRCAD : Informer des Risques de rupture de l'itinéraire en Conditions Atmosphériques Dégradées,
- INRETS-MA : Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité – Département Mécanismes d'Accidents,
- LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées,
- VANI : Véhicule d'ANalyse d'Itinéraires,
- EMMA2 : Enregistreur eMbarqué des Mécanismes d'Accidents,
- ESP : Electronic Stability Program
- EDR : Event Data Recorder (Enregistreur de Données des événements de la Route)
- HEUDIASYC : HEUristique de DIAgnostic des SYstèmes Complexes

Références

- Bayle P., Forissier J.F., Lafon S. (1993), « A new tyre model for vehicle dynamics simulations **»,** Automotive Technology International, pp. 193–198.
- « Crash Avoidance Metrics Partnership (CAMP) **»**, (2004), Final Report of Enhanced Digital Mapping Project (EDMap), US Department of Transportation and NHTSA.
- Glaser S. (2004), « Modélisation et analyse d'un véhicule en trajectoire limite. Application au développement de systèmes d'aide à la conduite », Thèse, Univ. d'Evry Val d'Essonne.
- Gothié M. (2005), « Les mesures de l'adhérence des chaussées en France et leur interprétation **»**, Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, vol. 255.
- Gothié M. (2008), « Etat de mouillage critique **»**. Livrable Projet IRCAD 3-2A.
- Lechner D., Perrin C. (1994), « Limites de performances du couple conducteur-véhicule ». Papier SIA 94.06.24 - Congrès SIA Dynamique du Véhicule.
- Lechner D., Delanne Y., Schaefer G., et Schmitt V. (1997), « Méthodologie de validation du logiciel de dynamique automobile CALLAS », Papier SIA 970202, Congrès SIA Dynamique du véhicule. Reprint in "Ingénieurs de l'Automobile", N°713.
- Lechner D. (2002), « Analyse du comportement dynamique des véhicules routiers légers - Développement d'une méthodologie appliquée à la sécurité primaire », Thèse de Doctorat, Spécialité Mécanique, Ecole Centrale de Lyon, 463 p.
- Lechner D. (2003), « Apport de la dynamique des véhicules à la prévention des pertes de contrôle **»**. Congrès SIA Dynamique du véhicule, in "Ingénieurs de l'automobile", n°763.
- Lechner D. (2008), « Embedded laboratory for vehicle dynamic », AVEC, Kobe, Japan.
- Lechner D., Menhour L., Naude C., Thomas D., Barletta E. (2009), « Rupture diagnosis on an itinerary: a tool to improve road safety **»**. Congrès SIA Dynamique du véhicule.
- Menhour L., Lechner D. and Charara A. (2009), « Steering Control Based on a Two-Level Driver Model: Experimental Validation and Robustness Tests », IEEE-MSC, RUSSIA.
- Menhour L., Lechner D. and Charara A. (2010), « Two degrees of freedom PID multi-controllers to design a mathematical driver model: Experimental validation and robustness tests **».** Vehicle System Dynamics, à paraître.
- Sentouh, C., Glaser, S., Mammar S. (2006), « Advanced vehicle-infrastructure-driver speed profile for road departure accident prevention », Vehicle System Dynamics Supplement, Vol. 44, p.612-623.
- Schaefer G., Lechner D., Naude C. (2003), « Sécurité des poids lourds au renversement **».** Congrès SIA Dynamique du véhicule.