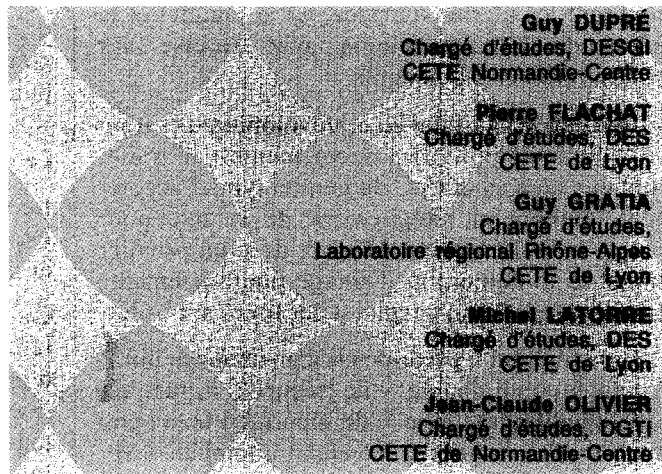


Détection « d'alertes sécurité » liées à des dysfonctionnements de l'infrastructure routière



RÉSUMÉ

Les dysfonctionnements de l'infrastructure routière sont la cause d'un certain nombre d'accidents. Le réseau technique du Ministère de l'Équipement a entrepris, dans le cadre de ses recherches, une action visant à définir ces dysfonctionnements et à réaliser un appareillage permettant de quantifier les paramètres principaux.

L'article présente trois sujets d'études qui sont :

– réalisation d'un logiciel permettant de détecter à partir des données recueillies par l'appareil VANI des situations *a priori* accidentogènes. Les alertes sont définies par le document *Sécurité des Routes et des Rues* ;

– validation et hiérarchisation des situations *a priori* accidentogènes détectées à l'aide du logiciel réalisé dans le cadre du sujet n° 1. La validation et la hiérarchisation seront réalisées en analysant les alertes fournies par le logiciel et la réalité de l'accidentologie avec reprise des procès verbaux d'accidents ;

– étude de la faisabilité et développement d'un outil de description des accotements par traitement des images vidéo ;

Un quatrième sujet sera abordé en 1998. Il concerne l'établissement à partir des seules données infrastructures d'un indice de « Sécurité Infrastructure » qualifiant le niveau de sécurité d'un axe ou d'une section routière, et venant compléter l'indice traditionnel qu'est le taux d'accidents. Il pourrait intégrer des notions de probabilités de sorties de route de véhicules et de niveaux de gravité liés à la description des accotements.

MOTS CLÉS : 85-82 - Appareil de mesure - Accident - Sécurité - Détection - Logiciel - Accotement - Traitement d'image - Télévision - Enregistrement - Route - VANI.

Introduction

Les études destinées à la lutte contre l'insécurité routière menées par le SETRA, l'INRETS et les CETE de Bordeaux, Lyon et Rouen durant les années 1980 ont abouti en 1986 à la publication d'un document à caractère méthodologique sur *le diagnostic de sécurité* [1]. Il mettait en évidence le besoin de connaissance des caractéristiques de l'infrastructure pour réaliser des études détaillées de sécurité.

Des études ultérieures ont montré l'intérêt pour les spécialistes « sécurité » de disposer de données quantifiées de certains paramètres de l'infrastructure, de façon à indiquer des seuils d'alerte liés à chaque paramètre mesuré.

C'est pourquoi le réseau technique, sous la tutelle du Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC) et du SETRA a développé un travail de recherche sous forme de projet pluriannuel. Son but principal est d'améliorer les outils d'investigation à mettre à disposition des experts et des gestionnaires pour l'évaluation de la sécurité routière avec des coûts et des délais d'analyse aussi réduits que possible. Une approche pluridisciplinaire a paru intéressante et indispensable, afin d'associer les compétences existant dans le ministère (CETE, INRETS, LCPC, SETRA).

Ce projet s'appuie d'une part sur le document *Sécurité des Routes et des Rues* [2], d'autre part sur l'exploitation des données fournies par le véhicule VANI [3] (Véhicule d'ANalyse d'Itinéraire). Quatre sujets d'études ont été programmés. Les trois premiers sont en cours. Le quatrième sera abordé ultérieurement.

➤ Réalisation d'un logiciel permettant de détecter, à partir des données recueillies par VANI, des situations *a priori* accidentogènes. Les alertes sont définies par le document *Sécurité des Routes et des Rues*.

➤ Validation et hiérarchisation des situations *a priori* accidentogènes détectées à l'aide du logiciel réalisé dans le cadre du sujet n° 1. La validation et la hiérarchisation seront réalisées en analysant les alertes fournies par le logiciel et la réalité de l'accidentologie avec reprise des procès-verbaux d'accidents.

➤ Étude de la faisabilité et développement d'un outil de description des accotements par traitement des images vidéo : largeur et type d'accotement, nombre et éloignement de la rive pour chaque type d'obstacle. Manuel dans un premier temps, le traitement de l'image pourrait ensuite être automatisé pour ce qui est des formes simples.

➤ Construction à partir des seules données infrastructures d'un indice « de sécurité infrastructure » qualifiant le niveau de sécurité d'un axe ou d'une section routière, et venant compléter l'indice traditionnel qu'est le taux d'accidents. Il pourrait intégrer des notions de probabilités de sorties de route de véhicules et de niveaux de gravité liés à la description des accotements.

Cet article présente la synthèse du travail actuellement accompli dans les trois premiers sujets. Les principaux sujets abordés sont les suivants :

- Recueil des données liées à l'infrastructure,
- Indicateurs d'alerte mis au point,
- Logiciel ALGOVANI d'analyse des données,
- Éditions des résultats de l'analyse d'itinéraires,
- Procédures de traitement des images,
- Validation des indicateurs d'alerte,
- Conclusions.

La méthodologie décrite se limite pour l'instant au milieu interurbain.

Ces travaux, comme tous ceux concernant la sécurité routière, ne doivent, dans un premier temps, être considérés que comme une étape expérimentale. Une validation par les experts sera nécessaire avant l'application systématique de cette méthodologie.

Le recueil des données « infrastructure »

L'appareil VANI

VANI (Véhicule d'ANalyse d'Itinéraires [3]), réalisé en 1987 par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Lyon, a pour origine une demande du SETRA au réseau des laboratoires suite à une idée du CETE Normandie-Centre.

Cette idée visait à recueillir et traiter de façon rapide et automatisée un certain nombre de paramètres en relation avec l'infrastructure dans une optique d'études de sécurité.

Une enquête auprès des divers CETE a permis d'établir un cahier des charges des paramètres à recueillir et les pas de mesures souhaitables pour chacun des paramètres.

Les données recueillies se présentent sous forme d'images permettant de caractériser l'environnement de la route et de mesures liées à la géométrie et aux caractéristiques de surface de la chaussée.

Le véhicule

Le véhicule portant l'appareillage est un Renault Espace (fig. 1 et 2), dont l'équipement électrique et la signalisation ont été renforcés.

Outre les fonctions classiques (étalonnage, réglage des zéros et des gains des divers capteurs), il possède une fonction de simulation d'avancement du véhicule à 60 km/h permettant, à l'arrêt, la mise au point des programmes informatiques, les étalonnages, le dépannage et divers essais de mise au point.

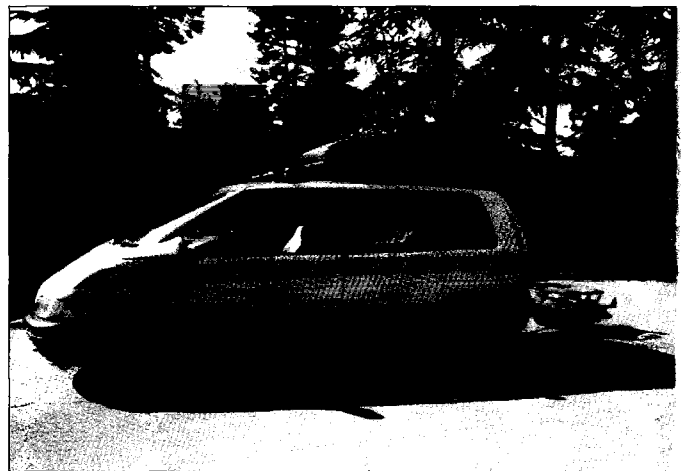


Fig. 1 - Le véhicule VANI.



Fig. 2 - Pupitre général du matériel.

La mesure des distances qui sert de base au repérage ainsi qu'au calcul de la vitesse moyenne sur un mètre est effectuée au moyen d'un capteur placé en sortie de boîte de vitesse. Ce capteur a une résolution de l'ordre du millimètre (environ 1 000 points pour un mètre). Une correction est prévue en fonction de l'usure des pneus.

Le module vidéo

Le module vidéo est repris, dans sa conception générale, de l'appareil Vidéoroute développé au Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Lyon depuis 1982. Il a pour fonction de fournir en continu des images vidéo couleur de la route et de son environnement, avec incrustation des points de repère liés à la route.

Trois positions d'utilisation sont prévues pour la caméra vidéo couleur au standard S.VHS :

- à 1,20 m de hauteur par rapport au sol (sur le capot du véhicule), ce qui correspond à la position standard de l'œil du conducteur d'après les recommandations internationales de la CIE (Commission internationale de l'éclairage). Cette position est utilisée lorsque l'on désire une observation correspondant à celle du conducteur (estimation des distances de visibilité, par exemple) ;
- sur le toit du véhicule. Cette situation permet une meilleure observation de la route et, surtout, de l'accotement. C'est la position principalement utilisée pour la description des accotements ;
- à l'intérieur du véhicule. Ce cas correspond à la mesure par temps de pluie si l'une des autres positions n'est pas impérative.

Le magnétoscope (S.VHS avec un son Hi-Fi) permet l'enregistrement des distances selon le procédé Calascope mis au point par le LCPC pour l'appareil CALAO [4]. Cet adressage de chaque image permet au Laboratoire une incrustation exacte du point repère (PR) de la route, lisible sur l'image vidéo et, ceci, quel que soit le sens de parcours grâce à l'utilisation du fichier des distances inter points de repères. Ce fichier peut être celui enregistré au cours de la mesure ou celui d'une banque de données (VISAGE ou ORAGE, par exemple [5]).

Le module « géométrie de la route »

Les éléments de ce module permettent d'obtenir, avec un pas d'un mètre, le rayon des virages en plan, les pentes et dévers de la voie circulée.

Rayon en plan des virages

Le rayon est mesuré à l'aide d'un gyromètre dans une plage de mesure de 20 à 500 m. Au-delà de 500 m, l'imprécision à vitesse faible (inférieure à 40 km/h) est importante (supérieure à 10 %).

Pentes et dévers

La mesure est effectuée à l'aide d'un gyroscope à deux axes fixé sur le plancher du véhicule. Un inclinomètre permet, en statique, de vérifier l'étalement du gyroscope. La précision des mesures liée au capteur est de l'ordre de 0,5 %. Mais la base de référence est donnée par les quatre roues du véhicule et est sensible aux déformations de la chaussée (orniérage, par exemple). Dans le cas d'une chaussée visiblement déformée, la mesure perd de sa signification et doit être considérée comme une indication.

Le module « Caractéristiques de surface »

Ce module permet d'estimer au pas d'un mètre, l'adhérence, la macrotecture et l'uni.

L'adhérence est mesurée à l'aide de l'appareil GRIPTESTER [6]. Cet appareil donne en continu un coefficient de frottement longitudinal avec glissement de la roue de mesure de l'ordre de 15 % (glissement correspondant aux systèmes antibloquants des véhicules) sur chaussée mouillée par le véhicule tracteur. La vitesse de mesure est limitée à 40 km/h. Les valeurs d'adhérence Griptestter sont converties en estimations SCRIM [7], mieux connues des gestionnaires routiers (l'appareil SCRIM assure depuis environ 25 ans le suivi de l'adhérence du réseau national).

La macro-texture est évaluée grâce au système RUGOLASER [8], qui donne en continu des altitudes de chaussées, à une fréquence de l'ordre de 16 000 Hz. À partir des variations d'altitudes, on détermine tous les 25 cm une moyenne arithmétique dont on déduit une estimation de la « hauteur au sable », indicateur le plus connu pour estimer la macrotecture.

L'uni de chaussée est estimé par les mesures d'un accéléromètre placé sur le moyeu de la roue arrière droite du véhicule. La valeur donnée tous les mètres est celle du troisième quartile de la distribution de l'uni relevé à la fréquence de 200 Hz. Plus précisément, il s'agit de la mesure de l'effet de l'uni sur les accélérations verticales de roue, grandeur essentielle en matière de sécurité routière.

La valeur seuil retenue correspond à la note d'uni de quatre données par l'analyseur de profil en long (APL) dans la gamme des courtes longueurs d'ondes [2]. Cette estimation sommaire ne dispense pas de mesures plus complètes, dans des longueurs d'ondes plus importantes, avec l'APL si les enjeux le justifient.

Le module « Description de l'accotement »

Initialement, la description de l'accotement s'effectuait directement sur le terrain à l'aide de l'appareil DESY [9] du LCPC. En raison des contraintes de temps réel, de sécurité et de confort, elle s'effectue dorénavant au labora-

toire, à partir d'une analyse de l'image vidéo. Cette exploitation exige la liaison entre le magnétoscope et le micro-ordinateur d'exploitation. En raison des développements rapides de l'informatique, le magnétoscope tend à être remplacé par un CédéROM, d'un emploi beaucoup plus simple.

Les indicateurs d'alerte intégrés à la version 1.0 du logiciel ALGOVANI

Les mesures recueillies par l'appareil VANI sont ensuite exploitées par un logiciel nommé « ALGOVANI ».

La mise au point de l'exploitation des mesures s'effectue sous le pilotage du SETRA en partenariat avec le LCPC dans le cadre d'un groupe de travail placé sous la responsabilité du département Sécurité du CETE de Lyon, avec la participation des divisions DESGI et DGTI du CETE de Normandie-Centre, du laboratoire de Lyon et l'appui de l'INRETS. La partie informatique est écrite par la division Informatique du CETE de Normandie-Centre.

À partir du document « Sécurité des Routes et des Rues », un certain nombre d'algorithmes ont été définis par le groupe de travail. Ces algorithmes sont la base de la détection par le logiciel ALGOVANI des situations estimées *a priori* accidentogènes de l'infrastructure.

Ces algorithmes concernent, d'une part, les virages et, d'autre part, le reste de l'itinéraire. Sont considérés comme virages au plan de l'accidentologie les rayons de courbure inférieurs ou égaux à 500 m [10]. Les sections assimilées à des lignes droites sont donc celles dont les rayons sont supérieurs à 500 mètres.

Les indicateurs d'alerte des virages sont les suivants :

➤ **V₁** : Virage de rayon inférieur à 150 m sur une section facile (après ligne droite ou courbes faciles supérieures à 500 mètres).

➤ **V₂** : Virage de rayon inférieur à 250 m présentant une irrégularité de la courbe. La définition d'une irrégularité de courbure est donnée par l'INRETS [10].

➤ **V₃** : Virage de rayon inférieur à 250 m présentant un défaut d'uni dans la gamme des petites ondes. La définition d'un défaut d'uni est donnée par l'INRETS [10].

➤ **V₄** : Virage de rayon inférieur à 250 m avec un défaut d'adhérence. Deux niveaux de défauts d'adhérence (coefficient de frottement transversal) estimé par l'appareil SCRIM [7]) sont répertoriés :

- alerte forte, correspondant à un coefficient de frottement transversal inférieur ou égal à 0,50 ;
- alerte moyenne correspondant à un coefficient

de frottement transversal compris entre 0,50 et 0,60.

➤ **V₅** : Virage de rayon inférieur à 250 m avec un défaut de macrotecture. Comme pour l'adhérence, il existe deux niveaux d'alerte en fonction de la macrotecture estimée par la hauteur au sable [8] :

- alerte forte, correspondant à une hauteur de sable inférieure ou égale à 0,4 mm ;
- alerte moyenne correspondant à une H.S comprise entre 0,4 et 0,6 mm.

➤ **V₆** : Compatibilité entre deux courbes successives. On détecte si les rayons de deux courbes voisines présentent des rayons dont le rapport est supérieur à 1,5 (le second virage ayant le plus petit rayon).

➤ **V₇** : Virage situé dans une forte pente (supérieure à 6 %). Plusieurs conditions sont simultanément nécessaires afin qu'en montagne tous les virages ne soient pas en alerte.

Les alertes V₁, V₂, V₆ et V₇ dépendent du sens du parcours.

➤ **I₁** : Intersection dans une courbe. On détecte la présence d'une intersection dans un virage. De nouveaux algorithmes relatifs aux virages sont en cours de tests pour la version 2.0 d'ALGOVANI. Citons par exemple :

➤ **V₈** : Visibilité insuffisante après un point haut. Un point haut entraînant une perte de visibilité ne doit pas masquer un virage. Il faut disposer d'une distance d'évaluation correspondant à un temps minimum correspondant à la vitesse du V₈₅ de l'itinéraire. V₈₅ : Vitesse respectée par 85 % des usagers (les plus lents).

➤ **V₉** : Dévers insuffisant. En fonction du rayon, il existe des valeurs minimales de dévers qui facilitent le maintien de la trajectoire du véhicule. Ces valeurs sont établies à partir du document *Aménagement des routes principales* [11].

➤ **V₁₀** : Rapport entre le rayon du virage et sa développée. Il semble que le rapport entre la longueur du virage et son rayon influence de façon significative l'accidentologie.

Indicateurs d'alerte des sections hors virages :

➤ **S₁** : Uni insuffisant ;

➤ **S₂** : Adhérence insuffisante ;

➤ **S₃** : Macrotecture insuffisante ;

➤ **S₄** : Pente importante.

Toute section de route hors virage présentant sur une longueur suffisante une pente supérieure à 6 % entraîne une alerte.

En fonction des relations alertes-accidents et des études en cours, des modifications pourront être apportées dans la définition des alertes et des valeurs seuils des différents indicateurs.

TABLEAU I - Tableau de synthèse des alertes en virage (Exemple)

PR Début	Origine	PR Fin	Extrémité	Longueur	Rayon	I ₁	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
4	0	4	452	452	0								
4	452	4	512	60	333								
4	512	4	647	135	0								
4	647	4	704	57	258								
4	704	4	858	154	0								
4	858	5	6	123	-57					V ₄		R	
5	6	5	10	4	0								
5	10	5	154	144	111			R		V ₄			
5	154	5	183	29	0								
5	183	5	293	110	-71					V ₄		A	
5	293	5	545	252	0								
5	545	5	648	103	58					V ₄			
5	648	5	907	259	0								
5	907	5	957	50	-235	I ₁							
5	957	6	58	123	0								
6	58	6	115	57	298								
6	115	6	590	475	0								
6	590	6	664	74	195	I ₁				V ₄			
6	664	7	90	442	0								
7	90	7	171	81	126	I ₁				V ₄			
7	171	7	590	419	0								
7	590	7	661	71	111	I ₁	R			V ₄			
7	661	10	4	2 393	0								
10	4	10	97	93	-221	I ₁			V ₃	V ₄			
10	97	11	473	1 377	0								
11	473	11	526	53	-320								
11	526	12	721	1 202	0								
12	721	12	853	132	257	I ₁							
12	853	13	31	191	0								
13	31	13	122	91	-379								
13	122	14	408	1 301	0								
14	408	14	469	61	-168						V ₅		
14	469	14	517	48	0								
14	517	14	734	217	85	I ₁			V ₃		V ₅	AR	
14	734	14	783	49	0								
14	783	14	840	57	-134				V ₃		V ₅	R	
14	840	14	922	82	0								
14	922	14	986	64	-206	I ₁					V ₅		
14	986	14	1 006	20	0								

Les alertes I₁, V₁ à V₇ sont définies au chapitre III.
 A = Aller : Alerte dans le sens des points de repère croissants.
 R = Retour : Alerte dans le sens des points de repère décroissants.
 AR = Aller et Retour : Alerte dans les deux sens.

Le logiciel ALGOVANI version 1.0.

Le logiciel ALGOVANI a les fonctionnalités suivantes :

- Détermination automatique et rapide des sections de route détectées comme potentiellement dangereuses par l'analyse des données de VANI en utilisant les indicateurs précédemment définis ;
- Production du schéma itinéraire de la route en plaçant les différents indicateurs d'alerte, afin de permettre aux spécialistes de sécurité d'en effectuer une synthèse visuelle par points repères (l'échelle peut varier en fonction de la demande).

Les données de VANI sont présentées sous forme de fichiers au format texte pouvant aisément être manipulés avec des logiciels du commerce (Excel, par exemple).

Un prétraitement manuel permet de vérifier la concordance entre les abscisses cumulées des mesures et le repérage selon la règle des points repères qui remplace les points kilométriques.

Le programme détermine les éléments du tracé en plan par identification des courbes (origine, extrémité, longueur, rayon) et des éléments de liaison entre deux virages. Ces éléments sont considérés comme des alignements droits au sens de VANI (courbes faciles de rayon supérieur ou égal à 500 m et lignes droites).

La valeur du rayon associée à chaque virage est calculée sur la base de la valeur minimale moyenne sur un arc de longueur égale à 10 mètres.

Ensuite, en utilisant les indicateurs d'alerte on crée un tableau (tableau I) donnant les coordon-

nées des extrémités des éléments du tracé en plan en points repères et abscisse, la longueur de l'élément en mètres, la valeur du rayon pour les courbes (0 pour les alignements droits) et la valeur correspondante des indicateurs d'alerte pour les virages et les intersections en courbe (indicateurs I_1 et V_1 à V_7).

Les éditions des résultats de l'analyse d'itinéraires

Plusieurs éditions permettent aux experts d'analyser l'itinéraire.

Une édition synthétique de type schéma d'itinéraire

Le principe retenu est la décomposition de la section traitée en documents au format A4 (fig. 3) présentant les indicateurs d'alerte pour un point repère à l'échelle 1/5 000 (l'échelle peut être variable).

Le bandeau du document reprend les libellés de la voie où figurent le nom du département, la date des mesures, le point repère de départ de la section et celui de l'arrivée.

Si l'on dispose des données relatives aux carrefours, ils seront positionnés et représentés sous forme schématique et les libellés des voies écrites au-dessus pour les branches situées à gauche, au-dessous pour les branches situées à droite pour un parcours dans le sens des points repères croissants.

Les indicateurs sont représentés sous forme de rectangles au droit des zones détectées comme potentiellement dangereuses. Les alertes sont disposées sur une ligne dans l'ordre I_1, V_1 à V_7, S_1 à S_4 et une ligne synthèse (double hauteur) est laissée libre pour les annotations manuelles.

Le rectangle plaçant l'indicateur d'alerte du virage à l'une ou aux deux extrémités représentée (s) en pointe de flèche (vers la droite = sens aller, vers la gauche = sens retour et deux pointes sens aller et retour). Le sens aller est celui des points repères croissants.

La longueur des rectangles correspond à la longueur du virage concerné pour les indicateurs I_1 et V_1 à V_7 , à la longueur de la section de chaussée en alerte pour les indicateurs S_1 à S_3 et aux sections de profil en long de pente supérieure à 6 % ou comprise entre 4 % et 6 % pour l'indicateur S_4 .

ALERTES VANI		Itinéraire : RN 999 ROUEN - LYON	PR départ : 4
C.E.T.E LYON et ROUEN		Date des mesures : octobre 1995	PR arrivée : 25
		15 1012	16 1016
Sections droites	Intersections		
	Uni < 4		
	Adhérence < 0.5		
	Rugosité < 0.4 mm		
	Pente > 6 %		
Virages	Intersection dans une courbe		
	R < 150 m après section facile		
	R < 250 m + courbe irrégulière		
	R < 250 m + défaut uni		
	R < 250 m + défaut adhérence		
	R < 250 m + défaut rugosité		
	Virages successifs non conformes		
	R < 400 m après pente > 6 %		
Synthèse de l'expert			

Fig. 3 - Exemple d'édition synthétique type schéma itinéraire.

Une édition détaillée

Une édition détaillée des valeurs des paramètres est possible, afin que le gestionnaire puisse analyser une situation qui lui paraîtrait critique.

Elle correspond actuellement à deux pages par points repères.

La première page (fig. 4) contient les paramètres liés à la géométrie de la route (rayon des virages, pente et dévers), alors que la deuxième page (fig. 5) comporte les paramètres liés aux caractéristiques de surface (adhérence, macrotexture et uni).

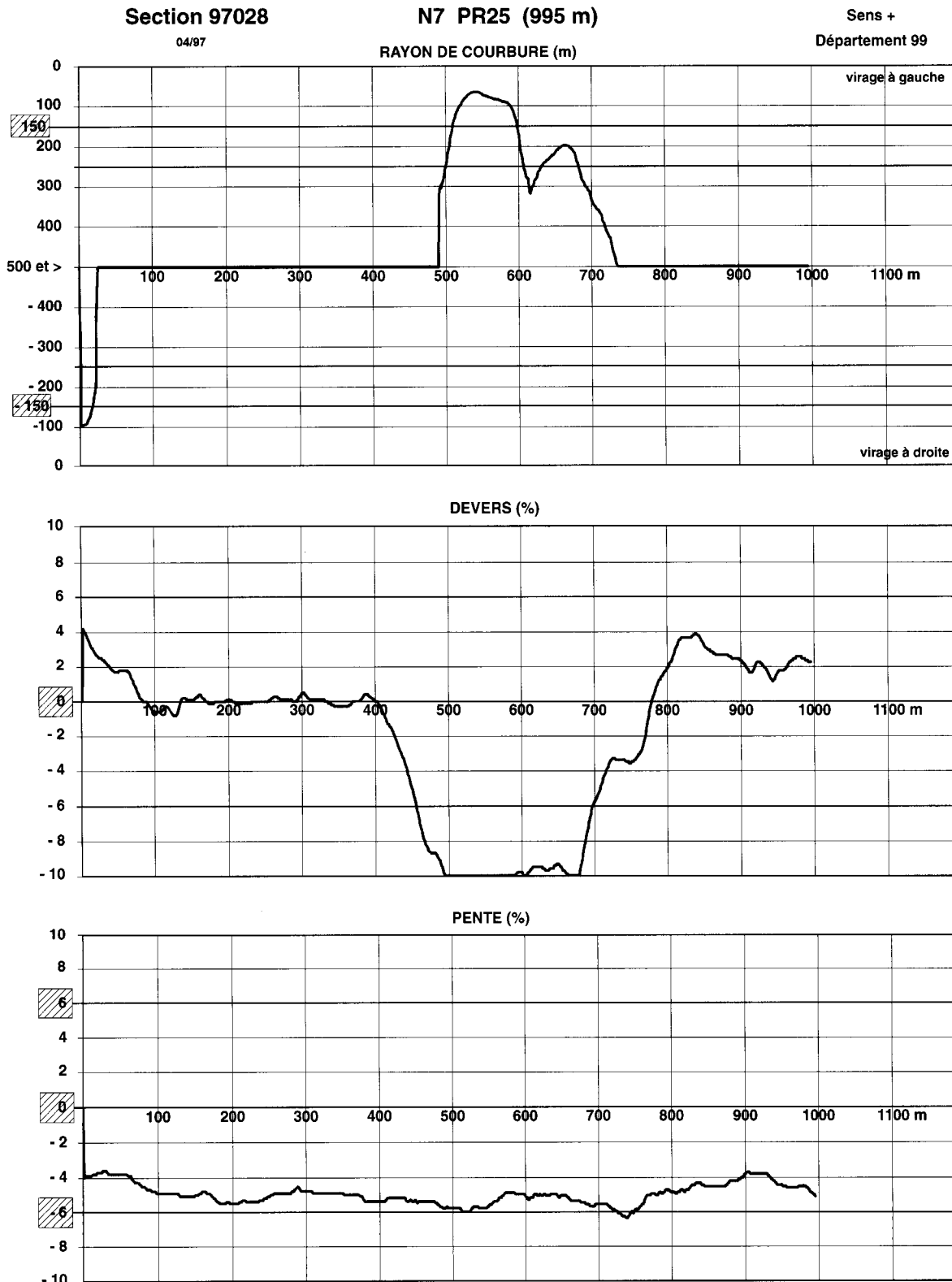


Fig. 4 - Paramètres liés à la géométrie de la route.

Section 97028

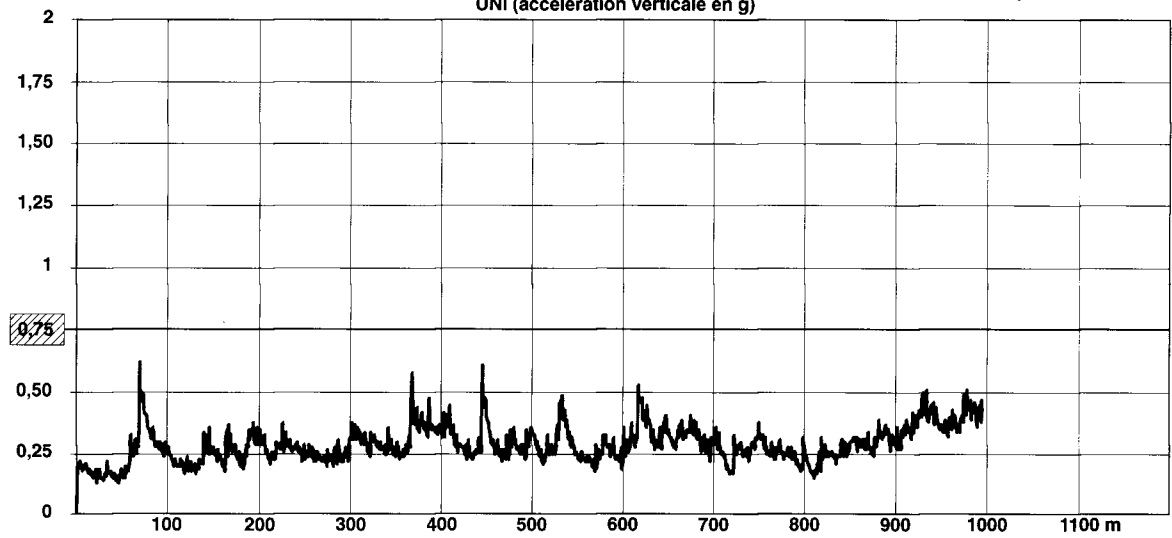
N7 PR25 (995 m)

Sens +

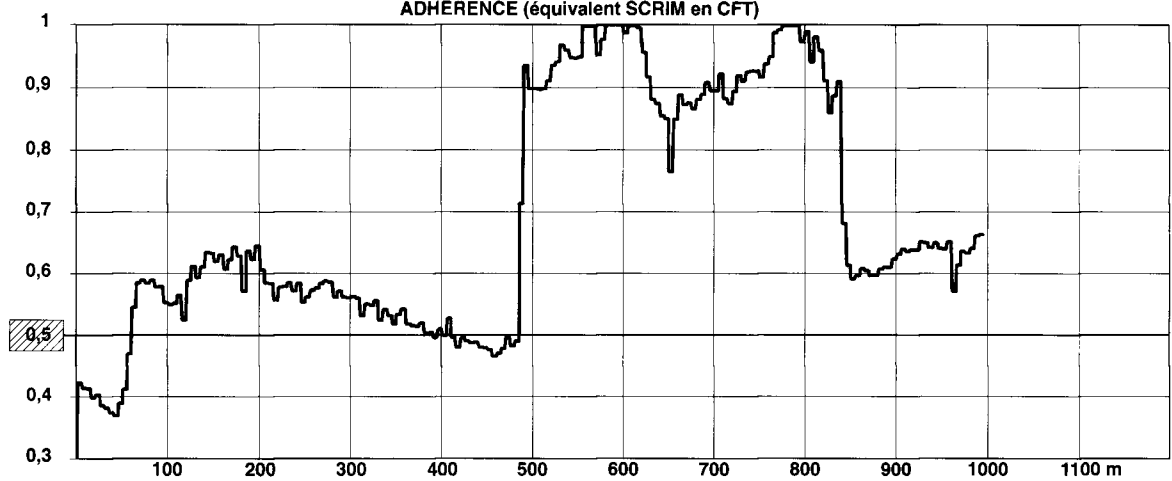
04/97

UNI (accélération verticale en g)

Département 99



ADHERENCE (équivalent SCRIM en CFT)



RUGOSITE (équivalent hauteur de sable en mm)

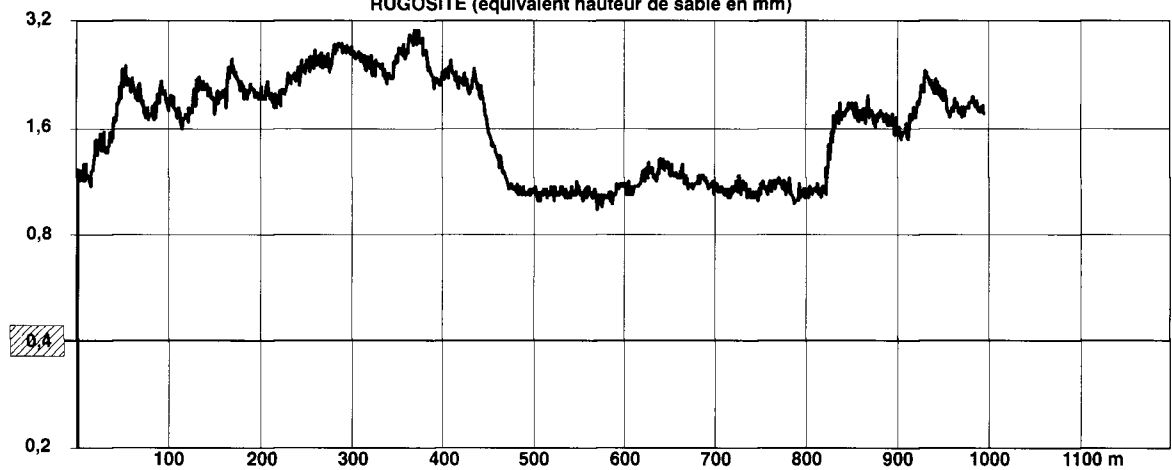


Fig. 5 - Paramètres liés aux caractéristiques de surface.

Procédures de traitement des images

> La cassette vidéo incrustée avec le repérage de la route sur l'image (fig. 6) est fournie au format et standard demandé par l'utilisateur.



Fig. 6 - Image vidéo repérée.

> L'incrustation dans le haut de l'image vidéo des symboles des situations est en cours de développement. Par exemple, pour une situation appelée V_4 (Virage < 250 m avec adhérence $< 0,50$), le symbole V_4 s'affichera sur l'image durant toute la durée de cette situation *a priori* accidentogène. Plusieurs alertes pourront coexister. Le gestionnaire pourra ainsi visualiser en direct sur le film les zones potentiellement dangereuses de ses itinéraires.

> On étudie également l'utilisation d'un CédéROM avec une image numérisée tous les 10 mètres. Pour un taux de compression moyen de l'image de 20, il est possible de stocker plus d'une centaine de kilomètres de route sur le même disque. Les nouvelles technologies de DVD (super CédéROM) devraient permettre un stockage de l'ordre de 800 km de routes dans les mêmes conditions pour un coût assez faible.

> À partir de l'analyse (actuellement manuelle et donc longue) de l'image vidéo, il est possible d'obtenir une description sommaire de l'accotement (fig. 7).

RELEVES DE SECURITE VANI C.E.T.E LYON et ROUEN		Itinéraire : RN 31 ROUEN - GOURNAY Date des mesures : octobre 1994	PR Départ : 4 PR Arrivée : 25
Obstacles	Arbre		
	Poteau et candélabre		
	Maçonnerie mur, ouvrage, muret		
	Tête d'aqueduc		
	Glissière		
	Autre obstacle fixe		
Remblai > 4 m ou plan d'eau			
Largeur d'accotement			
Nature zone récupération			
Synthèse de l'expert			

Fig. 7 - Description synthétique de l'accotement.

Sur les bases de concepts de l'intelligence artificielle et de la détection automatique de formes simples, un logiciel semi-automatique de description et de quantification de l'accotement (ACOTVANI) est en cours de réalisation. Il devrait permettre de situer avec une précision de l'ordre de 20 cm les obstacles par rapport au bord de la chaussée ainsi que la largeur et la nature des accotements (fig. 8).

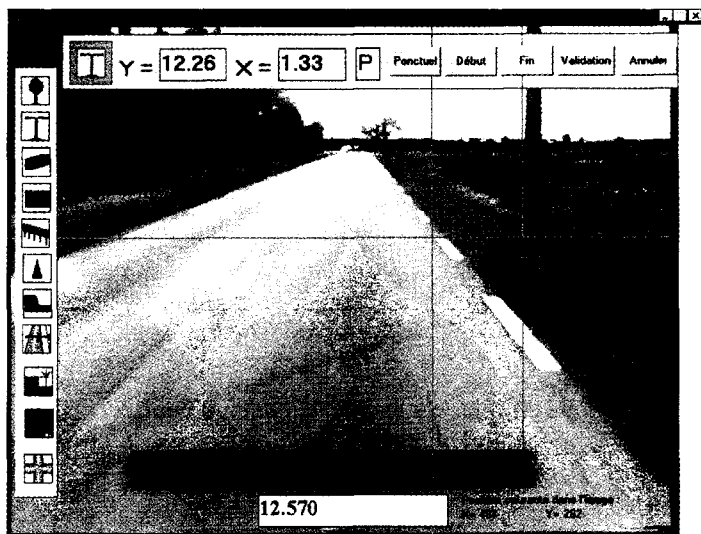


Fig. 8 - Analyse des obstacles à l'aide du logiciel ACOTVANI. Le poteau se trouve à 1,33 m du bord de la chaussée (valeur X) et à 12,26 m (valeur Y) du point repère 12 + 570.

En fonction de l'évolution des programmes d'action du SETRA, il est prévu d'essayer d'établir à partir de ces données un indice de gravité lié à l'accotement en utilisant les méthodologies en cours de développement.

Éléments de validation des indicateurs d'alerte et perspectives d'amélioration des résultats

Éléments de comparaison entre Algovani et un expert

Par rapport à un expert en sécurité routière, les résultats du logiciel ALGOVANI sont plus rapides et plus fiables. L'opérateur humain fait très fréquemment des erreurs, la cause essentielle étant la baisse d'attention très rapide de l'expert du fait du nombre de données à prendre en compte.

En revanche, l'expert fait preuve de plus de souplesse pour adapter les règles. Par exemple, dans le cas de l'alerte concernant un virage de rayon inférieur à 150 m sur une section facile de longueur supérieure à 500 m, ALGOVANI n'alertera pas si le virage est précédé d'une ligne droite de longueur 480 m, tandis que l'expert sélectionnera ce point au vu du tracé en plan précédant ce virage.

Cette remarque met en évidence l'obligation d'une interprétation systématique par un expert des résultats donnés par ALGOVANI. L'analyse par ALGOVANI n'est qu'une aide qui ne doit et ne peut en aucun cas remplacer l'expert.

Mise en relation entre les alertes de ALGOVANI et les accidents constatés

Nous avons recherché les relations entre les alertes fournies par ALGOVANI et les accidents constatés.

En raison de la localisation imprécise des accidents dans le fichier accidents (un accident sur trois au moins est mal localisé à 100 m près, d'après des statistiques réalisées en Normandie à partir d'une étude détaillée de 470 accidents), nous avons travaillé à partir d'itinéraires où les accidents ont été relocalisés suite à une lecture des procès-verbaux. Cette comparaison a été réalisée sur des itinéraires relativement sinueux et présentant des taux d'accidents élevés et un fort pourcentage d'accidents en virage.

ALGOVANI Alertes	non	oui	oui	non	Taux réussite	Non détection accidents
Accidents constatés	non	oui	non	oui		
Algorithmes version 1	87	38	152	9	44 %	3 %
Algorithmes modifiés	160	28	79	19	66 %	7 %

Les principales conclusions de cette première validation sont les suivantes :

➤ Les alertes liées aux sections hors virages (uni, adhérence et texture), ainsi que l'alerte relative aux intersections sont fréquentes sur ces itinéraires et semblent mal corrélées aux accidents. Les seuils fixés pour les différents paramètres sont peut-être à revoir. Des paramètres supplémentaires sont vraisemblablement à prendre en compte.

➤ Les alertes relatives aux virages ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$) sont en assez bonne relation avec les accidents corporels.

😊	87 virages ont 0 alerte et 0 accident.
😊	38 virages ont au moins 1 alerte et 1 à 8 accidents.
😞	152 virages ont 1 alerte et 0 accident.
😞	9 virages ont 0 alerte mais 1 à 6 accidents.

Le taux de bon fonctionnement du logiciel ALGOVANI est donc de 44 %, pour les accidents en virage pour les itinéraires étudiés. Est considéré comme bon fonctionnement le cas où les alertes et les accidents correspondent (par exemple alerte et accident ou pas d'alerte et pas d'accident).

➤ Les règles sont très sensibles. Une modification des règles V_1 et V_6 fait varier ce taux dans des proportions importantes. On peut, ainsi passer de 44 à 60 % en modifiant les algorithmes (augmentation essentiellement liée à la réduction des alertes sans accident).

➤ L'infrastructure étant décrite avec relativement peu de variables, et tous les accidents n'étant pas imputables à l'infrastructure, il est illusoire de vouloir atteindre une relation parfaite entre alertes et accidents. Néanmoins, la prise en compte de plus de paramètres définissant l'infrastructure devrait améliorer la qualité des alertes.

Constitution d'une base de données

Afin de pouvoir étudier l'influence des modifications des algorithmes et des valeurs seuils des différents paramètres dans la relations alertes/accidents, il a été décidé de constituer une banque de données reliant caractéristiques de l'infrastructure et accidents. Les axes de travail principaux sont les suivants :

- Mesurer la qualité des relations entre les alertes et les accidents corporels constatés ;
- Améliorer le logiciel ALGOVANI (qualité des alertes) ;
- Aider à la validation des règles du Contrôle de sécurité des infrastructures relatives aux virages ;
- Améliorer la connaissance des facteurs accidentogènes en virage par analyses multivariées, (par exemple, influence du dévers, du tracé en plan en amont et dans le virage, de la signalisation, etc.) ;
- Analyser la connaissance des pratiques en matière de signalisation.

La base de données comprend pour chaque virage les données suivantes :

- Tracé en plan, profil en travers, caractéristiques de surface, profil en long, obstacles, nature de l'accotement, signalisation horizontale et verticale ;
- Les caractéristiques géométriques de l'approche ;
- Le trafic ;
- Les alertes de ALGOVANI 1 et ALGOVANI 2 (nouvelle version plus performante) ;
- Les accidents corporels (nombre, gravité, type d'impliqué, état de surface (sec/mouillé), éclairage (jour/nuit).

Actuellement, environ 400 virages situés sur les sites des CETE de Lyon et Normandie-centre sont codifiés. Les exploitations prévues vont pouvoir être engagées.

Conclusions

Les conclusions qui peuvent être tirées de cette première étape concernent trois grands axes ;

- la méthode de travail,
- les résultats obtenus,
- les orientations pour la poursuite du projet.

La méthode de travail

Le travail a été réalisé au sein d'un groupe pluridisciplinaire associant des spécialistes en métrologie, sécurité routière, connaissance des données infrastructure et en informatique.

L'échange des points de vue entre des personnes compétentes pour l'analyse des situations accidentogènes et d'autres, connaissant bien les caractéristiques des chaussées et les insuffisances considérées comme dangereuses, a été le garant d'une bonne prise en compte des difficultés et dangers encourus par l'utilisateur.

La mise au point d'un appareillage adapté aux besoins (à partir de cahiers des charges rédigés en commun) et l'utilisation de matériels spécifiques ont conduit à l'obtention de résultats fiables aussi bien dans le recueil de données (VANI) que dans l'exploitation et l'analyse de ces données (ALGOVANI).

L'utilisation du document *Sécurité des Routes et des Rues* [2] a permis de s'appuyer sur une somme de connaissances sur lesquelles existait un large consensus et de prendre en compte les situations accidentogènes où les enjeux de sécurité paraissent être les plus importants. Le document *Aménagement des Routes Principales* [11] vient utilement compléter certaines données relatives à l'infrastructure.

La méthode de travail retenue, les outils développés et utilisés, les références techniques appliquées ont concouru à l'obtention de premiers résultats correspondant aux objectifs initialement assignés.

Les résultats obtenus

■ L'appareil VANI initial a progressé dans deux domaines :

- améliorations métrologiques et ergonomiques des paramètres existants (rayons de courbure des virages, dévers, logiciel d'acquisition, incrustation sur l'image vidéo des points repères réels en sens décroissants, etc.) ;
- ajout de nouveaux paramètres (adhérence et macrotecture) en intégrant les capteurs GRIPTESTER et RUGOLASER.

Le logiciel de détection automatique des alertes ALGOVANI semble fiable et permet très rapide-

ment de détecter les zones *a priori* accidentogènes à partir des algorithmes définis par le groupe de travail. Les simulations sont assez faciles en modifiant un paramètre d'analyse.

■ **La détection des zones *a priori* accidentogènes** a mis en évidence l'importance de la phase de validation de terrain, et ceci, à deux niveaux :

- affinement des alertes pour approcher au mieux l'accidentologie réelle ;
- exploitation des alertes et décision du spécialiste sécurité routière pour apprécier, au vu de la réalité du terrain, si l'alerte a lieu d'être maintenue.

Les résultats obtenus dans cette première étape sont encourageants puisque, pour les accidents en virages, on atteint un taux de bon fonctionnement de 44 à 66 %. Des modifications, tant dans les algorithmes que dans les valeurs seuils des divers paramètres, doivent encore améliorer ces résultats.

Cependant les règles élaborées dans ALGOVANI sont très sensibles à la valeur des paramètres utilisés, l'ambition d'affiner certains d'entre eux se heurtant parfois à un équilibre fragile du système alertes détectées-réalité des accidents.

■ **Le logiciel de description des accotements ACOTVANI** ne fonctionne actuellement que de façon manuelle à partir d'images numérisées. Il convient d'améliorer la qualité de description de l'accotement et la productivité de la chaîne d'exploitation (numérisation des images - compression - détection des obstacles - établissement de la banque de données).

Poursuite du projet

La qualité des résultats fournis par la version 1.0 de ALGOVANI et leur sensibilité à certaines variations de paramètres incitent à se fixer les orientations suivantes :

- amélioration des paramètres recueillis par l'outil VANI (nombre, qualité, productivité) ;
- recherche de nouvelles alertes liées à des paramètres actuellement recueillis mais non utilisés (dévers, visibilité, introduction et longueur des virages, etc.) ;
- réalisation d'une base de données infrastructure/accidents pour les virages (dans un premier

temps) prenant en compte l'approche afin d'effectuer très rapidement des simulations de modification des algorithmes (modèles théoriques) ;

- poursuite de l'étude sur la sensibilité des analyses multicritères à partir de la base de données ;
- enrichissement éventuel du contenu de *Sécurité des Routes et des Rues* au vu des valeurs des paramètres collant le mieux à la réalité du terrain ;
- amélioration de la productivité de la chaîne de description des accotements ;
- mise en œuvre d'un indice de sécurité global intégrant notamment la probabilité de sortie de route et la dangerosité de l'accotement ;

La méthode de travail doit rester la même et mettre l'accent sur deux points :

- utiliser des règles claires s'appuyant sur les connaissances de la communauté sécurité routière (*Sécurité des Routes et des Rues* ; *Aménagement des Routes Principales*) ;
- confronter en permanence les alertes ALGOVANI à la réalité du terrain, à savoir l'analyse de l'expert et l'accidentologie constatée.

Actuellement, plus de 2 000 km de routes ont été analysés chaque année depuis 1995. Des améliorations peuvent encore être apportées, tant au niveau des mesures et de leur fiabilité, qu'au niveau des algorithmes de détection des situations *a priori* accidentogènes et de leur pertinence. Pour l'instant, seul l'interurbain a été pris en compte. Les particularités de l'urbain pourraient faire l'objet d'une extension future de l'étude en collaboration avec le CERTU (Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques) et les IVF (Ingénieurs des villes de France).

L'ensemble VANI/ALGOVANI/ACOTVANI est ainsi le prototype d'un système de recueil et d'analyse à grand rendement des itinéraires routiers vis-à-vis de la sécurité. Les outils et méthodes développés ont vocation, une fois validés, d'être diffusés au sein du réseau technique. Mais il est impératif que les personnels effectuant le recueil de données météorologiques et les utilisateurs des mesures aient la nécessaire maîtrise d'un minimum de connaissances de base en matière de sécurité routière.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] SETRA, (1986), *Diagnostic de sécurité*.
- [2] SETRA - CETUR, (1992), *Sécurité des Routes et des Rues*.
- [3] GRATIA G., (1995), VANI (Véhicule d'ANalyse d'Itinéraire) : Un matériel multifonction pour les études de sécurité, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, **Spécial XVII**, juin, pp. 69-74.
- [4] AUTRET P., PHILIPPE H., (1995), CALAO : Appareil multifonction d'auscultation des réseaux routiers, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, **Spécial XVII**, juin, pp. 59-68.
- [5] LEMAIRE Y., NISSOUX J.-L., (1995), VISAGE ; Vers un système complet d'aide à la gestion de l'entretien des routes, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, **Spécial XVII**, juin, pp. 83-94.
- [6] GRATIA G., LAGANIER R., (1994), *Évaluation de l'appareil Griptester*, Rapport du LRPC de Lyon.
- [7] GOTHIE M., (1979), Mesure en continu de l'adhérence pneumatique/chaussée, appareil SCRIM ; *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, **103**, sept.-oct., pp. 43-53.
- [8] GOTHIE M., (1995), RUGOLASER. Mesure à grand rendement de la macrorugosité des chaussées, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, **Spécial XVII**, juin, pp 29 - 39.
- [9] GUILLEMIN R., (1995), DESY 2 000. Système assisté par ordinateur pour la collecte, le traitement et la restitution des informations de gestion routière, *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, **Spécial XVII**, juin, pp. 17-28.
- [10] FERRANDEZ F., YERPEZ J., (1986), *Caractéristiques routières et sécurité, synthèse INRETS*, **2**.
- [11] SETRA, (1994), *Guide technique pour l'Aménagement des routes principales*.

ABSTRACT

The detection of « safety warnings » associated with road malfunctions

G. DUPRE - P. FLACHAT - G. GRATIA - M. LATORRE - J. C. OLIVIER

Road malfunctions are responsible for a certain number of accidents. The Ministry in charge of Public Works has undertaken research aimed at defining these malfunctions and creating a measurement system to quantify the main parameters.

The article presents three research topics :

- 1 - Creation of software able to detect situations which are likely to result in accidents on the basis of data collected by VANI. The warnings are defined in the document « Sécurité des Routes et des Rues ».
- 2 - Validating and ranking the situations which are likely to result in accidents with the software produced for topic 1. Validation and ranking will involve analyzing the warnings generated by the software and the real accident situation as revealed by accident reports.
- 3 - Investigation of the feasibility and development of an image processing tool for describing shoulders.

A fourth topic will be tackled in 1996. It involves developing, on the sole basis of data which relate to the infrastructure, an « Infrastructure Safety » index which describes the level of safety of a road or road section in order to supplement the traditional index, i.e. the accident rate. It could include the probabilities of vehicles leaving the road and the levels of accident severity associated with the description of the shoulders.