

LES INFRASTRUCTURES ET LA SECURITE ROUTIERE

**H. PHILIPPE
J. PEYBERNARD**

1) INTRODUCTION

La maîtrise des conditions de circulation en terme de sécurité est un enjeu de première importance pour tous les gestionnaires de réseaux et plus généralement, pour tous les aménageurs de l'espace public compte tenu de la croissance continue des trafics. Il est admis au travers de l'analyse depuis de longues années des fiches d'accidents que les facteurs qui peuvent être à l'origine d'un accident sont de nature très diverses (facteurs humains, facteurs liés aux véhicules, facteurs liés à l'infrastructure, facteurs liés à l'environnement,...) et que c'est le plus souvent une conjonction de conditions défavorables qui débouche sur un accident.

Au delà des situations dans lesquelles l'infrastructure crée à elle seule le contexte favorable à l'accident, situations qui peuvent être rapidement indentifiées par une analyse des fichiers accidents, la nouvelle approche consiste donc à évaluer le caractère à priori accidentogène de l'infrastructure. Il serait alors possible à partir de cette analyse, d'orienter les choix d'aménagement des itinéraires à partir de critères objectif liés à la sécurité (concernant la chaussées mais aussi son tracé, sa signalisation, la visibilité,...).

2) La sécurité routière : un problème de société

La sécurité routière est un véritable problème de société (1). L'automobile et le transport routier font partie intégrante de notre mode de vie et de notre économie tout en faisant payer un lourd tribut économique, social et affectif à notre société au travers des accidents (sans parler des problèmes de nuisances et d'environnement qui font l'objet d'autres débats). L'amélioration de sécurité routière nécessite d'aborder le problème avec des approches complémentaires comprenant entre autres :

- * L'éducation et la formation des conducteurs et des usagers de la voie (ex : développement de la conduite accompagnée, programmes scolaires);
- * L'information des automobilistes (ex : campagnes thématiques, bison futé) .

* Les actions de prévention (ex : adoption du 50 km/h en ville);

* L'amélioration des véhicules (ex : institution du contrôle technique) et des infrastructures (ex: traitement des points noirs);

* La répression des entorses aux codes de la route et pénal (ex : accélération des procédures, permis à points) ;

L'analyse détaillée d'un grand nombre d'accidents confirme leur nature multicausale (2) dans laquelle interviennent la personnalité et le comportement du conducteur, la conception et l'aménagement de l'infrastructure routière, la conception et l'entretien des véhicules.

Cette vision du problème de la sécurité routière explique pourquoi en France, les différents programmes d'actions sont coordonnés au plus haut niveau du gouvernement au sein d'un Comité interministériel sur la Sécurité Routière (CISR). De même, les recherches et travaux de groupes sont menés le plus souvent dans des cadres d'interactions pluridisciplinaires qui permettent d'aborder les problèmes dans toute leur globalité. Dans le domaine de l'accidentologie on retrouve des représentants du Ministère de l'Equipement et des Transports, du Service Technique des Routes et Autoroutes, (SETRA), des organismes de recherche (LCPC, INRETS), des gestionnaires de réseaux routiers et urbains, des professionnels de l'industrie automobiles (pneumaticiens, constructeurs automobiles), des représentants des forces de l'ordre,....

C'est dans ce contexte général que les relations entre infrastructures et la sécurité routière sont analysées.

3) Infrastructure et Sécurité Routière

Etant admis que l'accident est révélateur du dysfonctionnement d'un système dont les composantes sont en constante interaction, des recherches ont été menées depuis plusieurs années sur les composantes de l'infrastructure routière qui pouvaient intervenir dans ces dysfonctionnements (3). A partir de l'analyse au niveau d'itinéraires de routes d'un grand nombre d'études détaillées d'accidents, il est apparu que c'est l'accumulation d'un certain nombre de

défauts d'infrastructure qui pouvaient créer le caractère accidentogène d'une section de route et moduler gravité accidents. YERPES et FERRANDEZ ont pris en compte les aspects de tracé (virages), de caractéristiques de surface des chaussées (uni et adhérence), de distance de visibilité, de plateforme, d'environnement de route (agglomération, intersections, signalisation et marquage,...). L'objectif de cette étude était à la fois de proposer des guides à l'intention des concepteurs d'infrastructure afin qu'ils évitent de créer de points d'accumulation de caractéristiques dangereuses et aux gestionnaires afin qu'ils puissent identifier sur leur réseau, par des situations pouvant présenter à priori un caractère dangereux.

Plus récemment, la contribution de l'infrastructure dans les problèmes de sécurité a été redéveloppée dans un ouvrage (4), fruit d'un travail de groupe coordonné par T. BRENAC comprenant des représentants du Ministère de l'Équipement, de ses organismes scientifiques et techniques, des collectivités locales, de leurs organismes techniques. Cet ouvrage fait état des connaissances actuelles en matière de relations entre infrastructures et sécurité et présente les recommandations qui en découlent concernant la conception de nouvelles voies et les gestions des réseaux existants. L'analyse est menée successivement par type de voie (autoroutes, voies principales en milieu rural, voies urbaines,...) pour traiter des problèmes de cohérence et par thème (vitesse, piétons, adhérence, signalisation, ...) pour une compréhension approfondie des interactions avec la sécurité.

Enfin, comme cela a été annoncé dans (5), des réflexions sur la faisabilité d'un contrôle technique de sécurité des infrastructures ont été lancées. L'objet de ce contrôle est d'accompagner au niveau des infrastructures routières les mesures prises au niveau des véhicules et des conducteurs afin de fournir à des conducteurs apaisés, disposant de véhicules en bon état, une infrastructure lisible et cohérente. Le travail qui est engagé actuellement au travers d'opérations pilotes en zones urbaines et en rase-campagne, consiste à préciser les limites et les modalités d'une telle procédure qui nécessiterait pour devenir obligatoire, des modifications législatives.

On peut donc constater en France le souci, après que la juste place des infrastructures dans les problèmes de sécurité ait été identifiée, de mettre au point des méthodes de recueil des informations sur le terrain et des méthodologies d'interprétation destinées aux gestionnaires de réseaux routiers et urbains afin qu'ils puissent intégrer les besoins des usagers en terme de sécurité routière dans leurs décisions d'investissement et d'entretien. Cette démarche préventive est bien entendu complémentaire d'une approche curative de type point noir orienté vers le traitement des zones à forte concentration d'accidents.

4) De nouvelles perspectives dans le domaine de l'auscultation des réseaux routiers et urbains

Comme nous venons de développer, les différents acteurs dans le domaine de la sécurité ont identifié un besoin en matière d'évaluation des réseaux routiers et urbains vis à vis de la sécurité; il s'agit d'apprécier le caractère à priori accidentogène des infrastructures à partir de relevé d'un certain nombre de caractéristiques descriptives tant de l'infrastructure que de son environnement. Le LCPC et le réseau des LCPC contribuent à cette démarche en mettant au point des méthodes permettant de recueillir les informations attendues dans les meilleures conditions de qualité et d'économie. C'est un point de passage obligé si on veut que les contrôles de sécurité puissent devenir une réalité à l'échelon d'itinéraires ou réseaux.

4,1) Caractéristiques géométriques des tracés

4.1.1) Les virages

Dans l'étude (3) on constate que dans 12% des accidents, les caractéristiques d'un virage interviennent. Plus précisément, on constate que le virage est impliqué soit par sa situation au sein de l'itinéraire, soit par ses propres caractéristiques. Il en résulte qu'il est important de relever sur un itinéraire, les lignes droites avec leur longueur, les virages avec une indication de leur rayon moyen, les caractéristiques internes des virages de la régularité de leur courbure et les enchaînements de virages proches.

Pour les voies principales en milieu rural par exemple (4), il est souhaitable de mettre en évidence les virages de rayon moyen inférieur à 150 mètres, les virages de rayon moyen inférieur à 250 m présentant des défauts de conception (courbure, uni), des virages au rayon trop faible par rapport à la longueur de l'alignement droit qui le précède.

L'appareil VANI(7) dédié aux recherches sur les relations entre infrastructures et sécurité, et les appareils CALAO (8) sont équipés de capteurs angle de braquage qui permettent de remonter à l'information rayon de virage. PALAS et SIRANO (6) relèvent cette information à partir d'un gyroscope de cap. CALAO est le nouvel appareil multifonction des Laboratoires Régionaux des Ponts et chaussées et PALAS, un transversoprofilomètre particulièrement précis et résolutif. Les informations doivent être relevées à une fréquence relativement élevée pour détecter des situations particulières (à la fréquence du mètre environ).

4.1.2) Le profil en long

En ce qui concerne le profil en long, il a une influence sur la visibilité (cf 4.1) mais il peut contribuer dans le cas de fortes pentes, en montée ou en descente, à l'insécurité de la route. Toujours en milieu rural (4), le seuil de 6% peut être considéré comme important.

L'appareil VANI, les appareils CALAO, l'appareil PALAS sont équipés de gyroscopes d'attitude qui délivrent les informations roulis et tangage absolus du véhicule. Sur CALAO et PALAS, l'information roulis est corrigée par les relevés de profil transversal pour obtenir l'information dévers de la chaussée. On peut se contenter ici d'une information moyennée au pas de 10 mètres environ.

4.2) Caractéristiques de surface des chaussées

4.2.1) L'uni routier

Les différentes composantes de l'uni routier (Petites ondes: 0,7 à 2,80m moyennes ondes: 2,8 à 11,2m grandes ondes: 11,2 à 44,8m) sollicitent le

véhicule soit au niveau de la caisse (0,3 à 3HZ), soit au niveau de l'ensemble roues/suspensions (3 à 10 HZ) soit le pneu pour des valeurs supérieures (3). Ces sollicitations génèrent au minimum un certains inconfort pour le conducteur, mais peuvent aller jusqu'à une contribution active à l'insécurité au travers des problèmes de délestage des roues. Ce sont ici 6% des accidents analysés (3) qui sont concernés par cette caractéristique.

Les quantificateurs habituels de l'uni doivent être adaptés pour être descriptifs à une échelle plus fine des qualités de la chaussée dans le domaine de la sécurité. Ils sont en effet souvent calculés par pas de 25, 100 ou 200 mètres alors que des pas plus courts sont nécessaires pour localiser des défauts ponctuels. Néanmoins, l'analyse des énergies dans la bande des petites longueurs d'onde permet de détecter des situations dans lesquelles l'uni insuffisant pourrait, en cas de sollicitation importante et brutale d'un véhicule (freinage, changement de direction), conduire à une perte de contrôle.

Le réseau des LPC dispose de l'APLN (9) pour mesurer l'uni des chaussées dans les trois bandes d'onde précédemment citées. Des développements récents (10) devraient permettre d'exploiter le véritable profil de la chaussée à une échelle très fine. Dans le projet VANI, on accède directement à l'information délestage de la roue grâce à un accéléromètre monté sur l'essieu à proximité de la roue. Le calage des seuils d'accélération au delà desquels des délestages se produisent est en cours.

4.2.2) L'adhérence

Toujours à partir de (3), il est estimé qu'une insuffisance de l'adhérence sur chaussée mouillée contribue à 7% des accidents.

Pour ausculter en continu les chaussées en terme d'adhérence (11), le réseau des LPC dispose d'un appareil de mesure du coefficient de frottement transversal de type SCRIM et de trois appareils de mesure du coefficient longitudinal ADHERA. Dans le cadre de ses recherches, le réseau dispose aussi d'un appareil GRIPTESTER, qui mesure un coefficient de frottement roue glissée.

Le réseau des LPC développe parallèlement à ses travaux sur l'adhérence, des recherches sur les relations entre la texture et l'adhérence des revêtements routier (12) (13) en intégrant en particulier la dimension de la microtexture qui peut être aujourd'hui mesurée, grâce à des progrès technologiques. On attend entre autres de ces recherches, des indications sur la possibilité d'apprécier l'adhérence au travers de la mesure de la micro et de la macrotexture et des indications sur la possibilité de construire un appareil de mesure de la microtexture à grand rendement.

Il existe d'ores et déjà le module RUGO des laboratoires des ponts et chaussées pour mesurer à grand rendement la macrotexture. La macrorugosité est un paramètre intéressant à mesurer car elle permet généralement de prévoir la décroissance de l'adhérence en fonction de la vitesse. De plus, en dessous d'un certain seuil, elle ne permet plus l'évacuation de l'eau dans le contact pneumatique chaussée et peut entraîner des phénomènes d'hydroplanage.

4.3) Equipements environnement de la route ou de la rue

L'usager évolue et doit prendre en compte à tout instant un environnement complexe, plus ou moins structuré, plus moins cohérent par rapport à la finalité de la voie qu'il emprunte et à l'usage qu'il en fait. Les paramètres à prendre en compte, pouvant être à l'origine ou pouvant aggraver des accidents, sont nombreux mais on a pu identifier certains paramètres de base:

- * La nature de la voie (autoroute, voie express, route de rase campagne secondaire, rue principal, rue de desserte, etc);
- * Le type de plateforme (chaussée bidirectionnelle à 2 vois, 3 vois, chaussées séparées etc);
- * La localisation et le type des intersections;
- * Localisation des agglomérations sur un itinéraire de rase campagne;
- * La signalisation horizontale et verticale;

* Les accotements (nature et largeur);

* Les obstacles (murets, poteaux,...);

Pour relever ces paramètres, le réseau des laboratoires des ponts et chaussées dispose de l'appareil DESY, appareil de relevé visuel d'information routière. Les informations peuvent être relevées sur le terrain mais, de plus en plus, les informations sont relevées en dépouillant des films pris à partir d'un véhicule qui parcourt à vitesse normale les routes. Grâce à cette méthode, il est possible de constituer facilement une banque d'images, sans perturber le trafic, puis d'extraire de ce film les différentes informations recherchées. plusieurs projections du film peuvent être réalisées pour des dépouillements thématiques; signalisation verticale et horizontale, limites d'agglomérations et intersections, plantations,...

VANI et CALAO sont équipés d'un tel système. L'information distance est codée visuellement sur les films et grâce à un procédé original, elle est aussi codée informatiquement sur les films ce qui permet lors du dépouillement de relier les informations relevées au système de repérage de la route.

4.4) Visibilité de la route et de la rue

Pour mener à bien sa tâche de conduite, l'usager de la route et de la rue utilise des indices visuels dont beaucoup sont mis en place par le gestionnaire; ce sont principalement les panneaux, les marques, les feux et tous les dispositifs de signalisation visuelle. Mais au cours de son déplacement, l'usager de la route doit également détecter et voir, d'autres éléments présents dans son environnement et non obligatoirement signalés; les autres usagers (automobilistes, piétons) et les obstacles divers (végétation, etc...).

La visibilité d'un objet est fonction de son contraste et de sa couleur dans l'environnement dans lequel il doit être perçu. Cette notion de visibilité est bien sûr différente suivant que l'objet émet de la lumière (sources, feux) ou qu'il demande à être éclairé pour être vu, dans ce dernier cas, on doit encore considérer le caractère rétroréfecteur (film rétroréfecteur, catadioptré) ou non (végétation, piéton) de l'objet.

Si la visibilité de la route et de la rue est assez facilement maîtrisée pour le jour, il n'en est pas de même pour la nuit.

C'est initialement dans le but de fixer les critères de qualité des équipements de signalisation en relation avec les besoins de l'utilisateur qu'ont débuté les premières études de visibilité dans le réseau des LCP. Ainsi, pour les marquages, on a d'abord fixé des caractéristiques photométriques liées à leur visibilité, la couleur, le niveau de rétroréflexion, puis développé les matériels et méthodes de mesure correspondants.

Deux cent exemplaires du rétroreflectomètre ECOLUX ont été diffusés dans le monde, il permet d'établir les seuils à retenir pour assurer, dans la plupart des conditions de service, une distance de visibilité optimale des marquages pour l'utilisateur.

Le domaine d'application des études de visibilité s'est élargi à tous les types de dispositifs visuels de signalisation ou d'éclairage, et principalement aux panneaux, aux feux ainsi qu'à l'éclairage public qui constitue avec les feux de véhicule une nécessité pour envisager des déplacements de nuit. En outre, on tente systématiquement de prendre en compte l'influence des conditions météorologique sur la visibilité, tant le brouillard que la pluie, pour proposer des solutions adaptées à une conduite sûre et confortable.

Les études ont conduit au développement d'outils de mesure et simulation pour aider à l'évolution de la visibilité de la route et par conséquent pour améliorer la sécurité de l'utilisateur de la route.

4.4.1) Les moyens de mesure pour la visibilité de la route et de la rue(12)

En relation avec le laboratoire de photométrie, des systèmes et des matériels de mesure sur site ont été développés:

* Pour les marquages, après l'ECOLUX, le véhicule ECODYN permet de mesurer en continu les contrastes de la marque avec la chaussée adjacente, dans des conditions significatives de ce que voit l'utilisateur, tant de jour que de nuit,

* Pour la visibilité de nuit de la signification, outre la possibilité de mesurer des coefficients de rétro réflexion avec PANOLUX, la mise au point d'un véhicule VISIOROUTE permet d'évaluer de nuit en continu sur un itinéraire, par traitement des images calibrées en luminance, le niveau des contrastes perçus par l'automobiliste dans ses conditions particulières de circulation,

* Pour la qualité de l'éclairage public, la mise au point du véhicule VECLAP permet la mesure en continu de l'éclairement et la luminance de la chaussée qui sont les critères contractuels de performance des installations d'éclairage public; mais aussi le développement de MELUSINE, à partir d'un traitement vidéo, permet une véritable métrologie en contraste du champ visuel de l'usager, critère déterminant pour la visibilité des objets utiles pour la conduite, et en particulier pour la visibilité des piétons en ville.

4.4.2) Les moyens de simulation sur la visibilité de la route et de la rue (12)

Les moyens de circulation sont constitués des moyens lourds que sont les pistes expérimentales, mais aussi des logiciels de calcul, permettant de tester des hypothèses et d'affiner la connaissance des phénomènes de visibilité:

* Les sites expérimentaux; après le circuit de Nanteuil-haudouin pour la qualification des marquages et le stand de vieillissement de Morainvillier, il faut citer:

- Les chambres de brouillard de LR de Clermont-Ferrand qui permettent des observations et des mesures de jour et de nuit sur 30 mètres de longueur dans des brouillards denses.

- La piste de visibilité de CETE de Rouen, longue de 400 mètres et équipée de 5 luminaires de hauteur et inter-distances variables. Cette piste permet aussi dans des conditions bien limitées des observations par temps de brouillard.

- Les logiciels : d'importance et de volume variable, tous les logiciels de calcul développés dans le domaine de la visibilité permettent des simulations dans le but d'optimiser les situations étudiées. Qu'il s'agisse d'EDGAR destiné à évaluer les pictogrammes des PMV, d'EVADIS dévolu initialement au calcul des distances de lecture et visibilité des panneaux de signalisation rétroréfléchissant, d'IVOIRE qui permet l'établissement des avant-projets d'éclairage public sur des critères classiques de luminance des chaussées de MUSCAT prévu pour le calcul de la propagation de la lumière dans le brouillard, ou bien sûr de LISE qui, intérêt outre d'une visualisation pour le décideur, présente l'énorme avantage de réaliser tous les calculs d'une situation d'éclairage en termes de luminances et de contrastes de l'ensemble du panorama et donc du champ visuel de l'usager, ce qui est en relation directe avec le niveau de visibilité.

4.5) Recueil et Restitution des résultats

L'ensemble des informations recueillies sur les routes grâce aux différents appareils que nous venons de citer, peuvent être ensuite transférées dans les banques de données routières. Compte tenu du volume des informations recueillies (le pas de relevé est assez fin) nous conseillons cependant d'exploiter les mesures dans l'environnement DESY qui dispose de toutes les fonctionnalités de gestion des mesures nécessaires; gestion des données, calcul de rubriques déduites, restitution des résultats sous forme de schémas itinéraires. Lorsque des informations synthétiques sont extraites, elles peuvent alors être transférées dans les banques de données routières afin d'être prises en compte dans les décisions des gestionnaires.

5) Conclusions

Une approche globale du problème de la sécurité routière nécessite que des méthodologies soient mises en place afin d'identifier par itinéraire, les situations à priori accidentogènes c'est à dire des situations présentant une accumulation de défauts, plus ou moins importants mais qui peuvent, dans des situations d'urgence conduire à l'accident ou aggraver les conséquences de celui-ci.

Les recherches dans ce domaine sont nécessairement pluridisciplinaires car les trois composantes du système rentrent en jeu: l'infrastructure, le véhicule, le conducteur. Néanmoins, des récentes approches il ressort que les informations de base sur les caractéristiques de l'infrastructure routière au sens large (chaussée et environnement) sont nécessaires pour appréhender le contexte sécuritaire d'usage de la route.

Nous avons rappelé dans ce rapport quelles étaient les caractéristiques principales à relever puis nous avons indiqué les moyens dont le réseau des LPC disposait ou s'est doté pour procéder à des relevés à grand rendement et donc à grande échelle de ces paramètres.

Nous sommes maintenant engagés dans une phase passionnante de validation et de calage des principes généraux au travers d'études d'itinéraires en relation avec nos partenaires de l'INRETS, les divisions sécurité des CETE, des constructeurs automobiles des gestionnaires de réseaux routiers et urbains.

- (1) Un nouveau plan d'action en faveur de la sécurité routière,
J.M. BERARD, Equipement Magazine n°57, PP 20-22, février 1994.
- (2) Analyse des accidents, infrastructure et sécurité, F.FERRANDEZ,
Bulletin de Liaison des Ponts et chaussées, Numéro spécial Adhérence N°185,
PP 19-26, mai- juin 1993.
- (3) Caractéristiques routières et sécurité; reconnaissance de la contribution
des facteurs route dans la genèse des accidents,
J. YERPES & F. FERRANDEZ, Synthèse INRETS N°2, avril 1986.
- (4) Sécurité des routes et des Rues, SETRA CETUR, septembre 1992.
- (5) Livre blanc de la sécurité routière en France, ***
- (6) SIRANO- Système pour l'inspection des Routes et autoroutes par
Analyses Numériques et Optiques, M.BOULET. G.CAROFF,
P. LEYCURE, R. PELLEVOISIN, RGRA, numéro spécial chaussées
d'autoroutes, printemps 1991.

- (7) VANI, appareil de recueil d'informations visuelles et géométriques de la route et de son environnement, G. GRATIA, Bulletin de Liaison des Ponts et chaussées spécial Gestion de la Route, (à paraître 1994).
- (8) CALAO appareil multifonction d'auscultation des réseaux routiers, H. PHILIPPE. Revue Générale des Routes et Aérodrômes, n°713, décembre 1993.
- (9) Evolution de la mesure et de la caractérisation de la mesure d'uni longitudinal, Y DELANNE, MBOULET, Revue Générale des Routes et Aérodrômes, n°692, janvier 1992.
- (10) Localisation et détection des défauts d'uni dans le signal APL, V. LEGEAY, Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées, (à paraître 1994).
- (11) Méthodes et Matériels de Mesure de l'Adhérence, G. Gratia, Bulletin de liaison des Ponts et Chaussées, Numéro spécial Adhérence n° 185, PP 107-120, mai-juin 1993.
- (12) Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées numéro thématique "visibilité" - Février 1993.
- (13) Description de la macrotexture et de la microtexture, J. LUCAS, P-A. BEGOU, Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées, Numéro spécial Adhérence n° 185; PP 63-74, mai-juin 1993
- (14) Mesures et analyses des distance d'arrêt sur routes,
R. LAGANIER, Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées,
Numéro spécial Adhérence n° 185, PP 121-128, mai-juin.