
MESURES DE RÉFÉRENCE EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE

TP 14328 F

Préparé pour :

Transports Canada

La Direction de la Sécurité routière et réglementation automobile

Préparé par :

Hamilton Associates

Sany R. Zein, M.Eng., P.Eng., Vice-président, Transports

En collaboration avec :

Montufar and Associates

Jeannette Montufar, Ph.D., P.Eng. Associé principale

Mars 2003



1. N° de publication de Transports Canada (TP) TP 14328 F		2. ISBN		3. N° de catalogue	
4. Titre Mesures de référence en sécurité routière		5. Date de publication Mars 2003			
		6. Type de publication Rapport			
7. Auteur(s) Sany R. Zein, M.Eng., P.Eng., Jeannette Montufar, Ph.D., P.Eng		8. Bureau de première responsabilité (BPR) ASFCE			
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant Hamilton Associates & Montufar and Associates 1199 West Hastings Vancouver, BC V6E 3T5		10. N° du dossier de l'organisme			
		11. N° de contrat de TPSGC ou de Transports Canada T8080-02-0037			
12. Nom et adresse de l'organisme parrain Transports Canada Sécurité routière et réglementation automobile 330, rue Sparks Ottawa, ON K1A 0N5		13. Adresse Web www.tc.gc.ca/securiteroutiere/tp/tp14328/menu.htm			
		14. N° du SGDDI 1002518			
15. Remarques					
16. Résumé La présente étude répertorie les améliorations d'ingénierie de la sécurité routière qui, au cours des 40 dernières années, se sont révélées les plus efficaces à prévenir les collisions sur les réseaux routiers canadien et américain. De plus, elle fait état des recherches relatives aux « gains » réalisés dans le domaine de la sécurité routière grâce à la mise en oeuvre d'améliorations d'ingénierie, en particulier celles qui ont trait à la conception du réseau routier et à la gestion de la circulation. Il est espéré que les conclusions tirées de l'étude contribueront à mieux faire connaître les liens entre un réseau routier bien conçu et le nombre, la fréquence (taux) et la gravité des collisions.					
17. Mots clés sécurité routière, construction des routes, technique de la circulation, conception des routes, données de références			18. Distribution		
19. Classification de sécurité (de cette publication) Non classifié	20. Classification de sécurité (de cette page) Non classifié	21. Déclassification (date)	22. N° de pages 66	23. Prix	



PUBLICATION DATA FORM

1. Transport Canada Publication No. (TP) TP 14328 E		2. ISBN		3. Catalogue No.	
4. Title Roadway Safety Benchmarks Over Time		5. Publication Date March 2003			
		6. Type of Publication Report			
7. Author(s) Sany R. Zein, M.Eng., P.Eng., Jeannette Montufar, Ph.D., P.Eng		8. Office of Primary Interest (OPI) ASFCE			
9. Performing Organization Name and Address Hamilton Associates & Montufar and Associates 1199 West Hastings Vancouver, BC V6E 3T5		10. Performing Organization File No.			
		11. PWGSC or Transport Canada Contract No. T8080-02-0037			
12. Sponsoring Agency Name and Address Transport Canada Road Safety and Motor Vehicle Regulation 330 Sparks Street Ottawa, ON K1A 0N5		13. URL Address www.tc.gc.ca/roadsafety/tp/tp14328/menu.htm			
		14. RDIMS No. 1002493			
15. Notes					
16. Abstract <p>This study identifies the most effective road engineering improvements that have been introduced in the past 40 years in Canada and the United States. It also contains research on the road safety benefits that have been achieved due to better road engineering, specifically improved road design and traffic operations. It is hoped that the study findings will help raise awareness about the important role that better road engineering has in reducing collision frequency, rate, and severity.</p>					
17. Key Words road safety, road construction, traffic engineering, road design, benchmarks			18. Distribution		
19. Security Classification (of this publication) Unclassified	20. Security Classification (of this page) Unclassified	21. Declassification (date)	22. No. of Pages 66	23. Price	

TABLE DES MATIÈRES

EXECUTIVE SUMMARY / RÉSUMÉ

1.0	INTRODUCTION	1
1.1	Contexte et objectifs de l'étude	1
1.2	Méthodologie de l'étude	1
2.0	CONSULTATION DES EXPERTS	3
2.1	Liste maîtresse des améliorations d'ingénierie de la sécurité routière	3
2.2	Description de l'enquête	4
2.3	Profil des experts	4
2.4	Résultats de l'enquête	5
2.5	Mesures préventives choisies	7
3.0	QUANTIFICATION DES AMÉLIORATIONS LIÉES À LA SÉCURITÉ	10
3.1	Autoroutes à chaussées séparées	10
3.2	Canalisation des intersections	12
3.3	Élargissement des aires de sécurité	14
3.4	Dispositifs de bases cédant sous l'impact	15
3.5	Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité	16
3.6	Phases protégées pour tourner à gauche	18
3.7	Dispositifs d'avertissement aux passages à niveaux	19
3.8	Gestion d'accès	21
3.9	Glissières de sécurité rigides	22
3.10	Limites des angles d'intersection (jusqu'à 70° ou plus)	24
3.11	Augmentation du rayon des courbes horizontales	25
3.12	Voies de dépassement	27
3.13	Guidage positif	28
3.14	Éclairage des rues	29
3.15	Carrefours giratoires	31
3.16	Bandes rugueuses	33
3.17	Estimation des améliorations nationales liées à la sécurité	35
3.18	Aperçu des autres mesures préventives liées en sécurité routière	38

ANNEXE A – MODÈLE DU FORMULAIRE D'ENQUÊTE

ANNEXE B – EXPERTS QUI ONT RÉPONDU À L'ENQUÊTE

ANNEXE C – BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1	LISTE MAÎTRESSE DES AMÉLIORATIONS D'INGÉNIERIE DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE	3
TABLEAU 2.2	RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE	6
TABLEAU 3.1	FACTEURS DE RÉDUCTION DES COLLISIONS À L'APPUI DE L'ÉLARGISSEMENT DES AIRES DE SÉCURITÉ	15
TABLEAU 3.2	AMÉLIORATIONS LIÉES À LA SÉCURITÉ CONSÉCUTIVES À L'INSTALLATION DE DISPOSITIFS DE SIGNALISATION AUX PASSAGES À NIVEAU	20
TABLEAU 3.3	FACTEURS DE RÉDUCTION DES COLLISIONS SELON DIVERS ÉLARGISSEMENTS DES RAYONS HORIZONTAUX	26
TABLEAU 3.4	ESTIMATION DU NOMBRE DE VIES SAUVÉES CONSÉCUTIVES À LA MISE EN ŒUVRE D'AMÉLIORATIONS D'INGÉNIERIE QUI NE PORTENT PAS SUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE	40

LISTE DES DIAGRAMMES

DIAGRAMME 3.1	RAPPORT ENTRE LES MESURES PRÉVENTIVES D'INGÉNIERIE DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET LE TAUX DE MORTALITÉ AU CANADA	35
DIAGRAMME 3.2	RAPPORT ENTRE LE TAUX DE MORTALITÉ SUR LES ROUTES CANADIENNES ET LES INTERVENTIONS D'INGÉNIERIE QUI NE VISENT PAS LE RÉSEAU ROUTIER	39

RÉSUMÉ

L'amélioration de la sécurité routière nécessite la mise en œuvre d'un ensemble d'initiatives qui misent sur le respect de la loi, la sensibilisation et les améliorations d'ingénierie. C'est un fait bien connu que les initiatives législatives et policières (notamment celles liées au port de la ceinture de sécurité et à la prévention de la conduite en état d'ébriété) ont contribué à réduire le nombre d'accidents sur les routes canadiennes. De même, les nouveaux dispositifs de sécurité passifs présents à bord des véhicules, tels que les coussins de sécurité gonflables et les feux de jour, ont également aidé à diminuer la fréquence et la gravité des collisions.

La présente étude répertorie les améliorations d'ingénierie de la sécurité routière qui, au cours des 40 dernières années, se sont révélées les plus efficaces à prévenir les accidents sur les réseaux routiers canadien et américain. De plus, elle fait état des recherches relatives aux « gains » réalisés dans le domaine de la sécurité routière grâce à la mise en œuvre d'améliorations d'ingénierie, en particulier celles qui ont trait à la conception du réseau routier et à la gestion de la circulation. La société Hamilton Associates de Vancouver a réalisé la présente étude en collaboration avec l'entreprise Montufar & Associates de Winnipeg.

Après une première évaluation de la documentation, nous avons dressé une « liste maîtresse » de 41 mesures préventives d'ingénierie dans le but de les étudier de façon plus approfondie. Ces améliorations ont fait l'objet d'une mise en œuvre graduelle sur le réseau routier canadien du début des années 60 jusqu'à la fin des années 90. On a par la suite élaboré un questionnaire que l'on a fait parvenir à 63 experts en ingénierie de la sécurité routière; l'échantillon regroupait surtout des experts canadiens mais également des experts américains. Les répondants devaient évaluer l'efficacité de chacune des mesures préventives à réduire la fréquence et la gravité des collisions. Au total, 26 répondants nous ont expédié leur questionnaire dûment rempli. On trouvera au TABLEAU ES-1 la liste des mesures préventives classées par ordre de priorité (nota : chacune des mesures ne pouvait récolter plus de 78 points).

**TABLEAU ES-1 CLASSEMENT DES MESURES PRÉVENTIVES
D'INGÉNIERIE**

MESURE PRÉVENTIVE		POINTS	DATE	MESURE PRÉVENTIVE		POINTS	DATE
1	Autoroutes à chaussées séparées	67	Milieu 1960	22	Phases feu rouge	35	Milieu 1970
2	Canalisation des intersections (voies pour tourner à gauche / à droite)	58	Fin 1960	22	Marquage au sol hautement réfléchissant	35	Milieu 1980
3	Élargissement des aires de sécurité	55	Milieu 1970	24	Panneaux de signalisation hautement réfléchissant	34	Milieu 1980
4	Dispositifs de bases cédant sous l'impact (pour les luminaires, bases des panneaux)	53	Fin 1970	24	Améliorations des dévers	34	Début 1970
4	Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité	53	Début 1980	26	Chaussées à friction élevée / à enrobé ouvert	33	Milieu 1980
6	Phases protégées pour tourner à gauche	51	Fin 1970	26	Élargissement des voies de circulation	33	Début 1970
6	Dispositifs d'avertissement aux passages à niveaux (barrières, signaux)	51	Fin 1960	28	Élargissement des talus	32	Milieu 1970
8	Gestion d'accès	50	Fin 1970	29	Interdiction de stationner le long des artères	31	Milieu 1960
8	Glissières de sécurité rigides (médianes et en bordure de route)	50	Milieu 1970	30	Voies de rétrécissement plus longues	29	Fin 1970
10	Limites des angles d'intersection (jusqu'à 70° ou plus)	48	Milieu 1960	31	Signalisation clignotante avancée	27	Milieu 1980
11	Augmentation du rayon des courbes horizontales	43	Milieu 1970	31	Signalisation progressive le long des routes	27	Fin 1960
12	Voies de dépassement (le long des autoroutes à deux voies)	42	Milieu 1970	31	Routes ou rampes de dégagements pour camions	27	Fin 1970
12	Guidage positif	42	Milieu 1980	34	Marquage au sol pour tourner	24	Fin 1970
14	Éclairage des rues	41	Milieu 1970	35	Feux clignotants aériens	22	Milieu 1970
15	Distances de réaction	40	Milieu 1970	35	Apaisement de la circulation	22	Fin 1980
15	Carrefours giratoires	40	Fin 1990	37	Panneaux de signalisation plus larges	20	Début 1990
15	Voies de dégagement à gauche dans les deux sens	40	Milieu 1970	37	Aires de repos	20	Milieu 1970
18	Voies pour véhicules lents (le long des autoroutes en montagne)	39	Milieu 1970	37	Gestion de la demande de circulation	20	Milieu 1980
18	Bandes rugueuses (bandes médianes ou latérales)	39	Milieu 1990	40	Systèmes de transport intelligents	19	Fin 1990
18	Mise en évidence des panneaux de signalisation	39	Milieu 1980	41	Panneaux de noms de rue plus larges	17	Fin 1980
21	Aménagements pour les usagers de la route vulnérables (p. ex. les trottoirs)	36	Fin 1980				

Nota : Les « points » représentent les points du classement comptabilisés dans le cadre de l'enquête; la « date » renvoie à la date universelle d'acceptation déterminée dans le cadre de l'enquête.

Puis on a dressé la liste des 14 mesures qui ont reçu le pointage le plus élevé et qui feront ultérieurement l'objet d'une analyse plus approfondie (afin de représenter les mesures préventives plus récentes des années 90, on a ajouté à cette liste les mesures « carrefours giratoires » et « bandes rugueuses »).

On a fait un dépouillement exhaustif de la documentation pour dégager les « gains » quantifiables et attestés aux chapitres de la réduction de la fréquence, du taux et de la gravité des collisions qui découlent de la prise de chacune des mesures préventives d'ingénierie. On a ensuite donné une estimation (d'une exactitude limitée en raison de l'insuffisance des données pertinentes citées dans la documentation) de l'efficacité de ces mesures à réduire le nombre de collisions sur les routes canadiennes. En effet, on estime, qu'entre 1979 et l'an 2000, de telles améliorations ont permis de sauver environ 11 000 vies et de prévenir 500 000 blessures corporelles au Canada.

EXECUTIVE SUMMARY

Improving road safety requires a combination of enforcement, education, and engineering initiatives. It has been well recognized that legislative and enforcement initiatives, such as seat-belt laws and impaired driving enforcement, have reduced the number of crashes on Canada's roads. Similarly, new passive in-vehicle safety systems, such as air bags and daytime running lights, have also helped to reduce collision frequency and severity.

This study identifies the most effective road engineering improvements that have been introduced in the past 40 years in Canada and the United States. It also contains research on the road safety benefits that have been achieved due to better road engineering, specifically improved road design and traffic operations. The study was jointly conducted by Hamilton Associates of Vancouver and Montufar & Associates of Winnipeg.

After an initial review of the literature, a "master list" of 41 engineering countermeasures was selected for further review. These improvements were gradually introduced in Canada from the early 1960's through to the late 1990's. A survey was then prepared and distributed to 63 experts in road safety engineering, mostly in Canada but also including the United States. The experts were asked to rate the effectiveness of each countermeasure, in terms of reducing collision frequency and severity. 26 responses were received, and the ranked list of countermeasures is shown in TABLE ES-1. The maximum point score that any one countermeasure could receive was 78 points.

The top 14 ranked countermeasures were carried forward for further analysis, plus "Roundabouts" and "Rumble Strips", to represent recent safety countermeasures from the 1990s.

TABLE ES-1 RANKED LIST OF ENGINEERING COUNTERMEASURES

COUNTERMEASURE			POINTS	DATE	COUNTERMEASURE			POINTS	DATE
1	Divided Highways		67	mid 1960s	22	All-Red Signal Phases		35	mid 1970s
2	Intersection Channelization (left-and right-turn lanes)		58	late 1960s	22	Highly-Reflecting Pavement Markings		35	mid 1980s
3	Clear Zone Widening		55	mid 1970s	24	Highly-Reflective Signs		34	mid 1980s
4	Breakaway Devices (for luminaires, sign bases)		53	late 1970s	24	Super-elevation Improvements		34	early 1970s
4	Energy-Absorbing Barrier End Treatments		53	early 1980s	26	High Friction / Open Textured Pavement		33	mid 1980s
6	Protected Left-turn Phases		51	late 1970s	26	Travel Lanes Widening		33	early 1970s
6	Rail Crossing Warning Devices (gates, signals)		51	late 1960s	28	Shoulders Widening		32	mid 1970s
8	Access Management		50	late 1970s	29	Prohibiting Parking Along Arterials		31	mid 1960s
8	Rigid Barriers (median and roadside)		50	mid 1970s	30	Longer Taper Lengths		29	late 1970s
10	Intersection Angle Limits (to 70 ° or better)		48	mid 1960s	31	Advance Warning Flashers		27	mid 1980s
11	Horizontal Curve Flattening		43	mid 1970s	31	Signal Progression along Corridors		27	late 1960s
12	Passing Lanes (along two-lane highways)		42	mid 1970s	31	Truck Escape Roads or Ramps		27	late 1970s
12	Positive Guidance		42	mid 1980s	34	Pavement Turn-Guidance Markings		24	late 1970s
14	Street Lighting		41	mid 1970s	35	Overhead Flashing Beacons		22	mid 1970s
15	Decision Sight Distance		40	mid 1970s	35	Traffic Calming		22	late 1980s
15	Roundabouts		40	late 1990s	37	Larger Traffic Signs		20	early 1990s
15	Two-way Left-turn Lanes		40	mid 1970s	37	Rest Areas		20	mid 1970s
18	Climbing Lanes (along mountainous highways)		39	mid 1970s	37	Travel Demand Management		20	mid 1980s
18	Rumble strips (edge-line or centre-line)		39	mid 1990s	40	Intelligent Transportation Systems		19	late 1990s
18	Signal Display Conspicuity		39	mid 1980s	41	Larger Street Name Signs		17	late 1980s
21	Vulnerable Road User Accommodation (s/walks, etc.)		36	late 1980s					

Notes: "Points" are the priority points as determined by the survey; "Date" is the universal date of acceptance as determined from the survey.

Detailed research was conducted on the quantifiable benefits that have been demonstrated for each countermeasure, in terms of reductions in crash frequency, rate, and severity. An estimate was then prepared, at the “order of magnitude” level of accuracy due to a lack of relevant literature, of the crash reduction benefits that have been achieved by road safety engineering countermeasures in Canada. It is estimated that approximately 11,000 lives were saved and approximately 500,000 injuries were prevented in Canada between 1979 and 2000, due to road engineering improvements.

1.0 INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs de l'étude

La présente étude vise à dresser la liste des 10 à 15 mesures préventives canadiennes les plus importantes dans le secteur de la sécurité routière depuis le milieu des années soixante de manière à en évaluer les répercussions positives au fil du temps. Nous espérons que les conclusions formulées contribueront à mieux faire connaître les liens entre un réseau routier bien conçu et le nombre, la fréquence (taux) et la gravité des collisions.

De façon générale, on observe une baisse progressive du taux de mortalité au Canada (déterminé en fonction de dix mille véhicules immatriculés). Cette situation est attribuable à un éventail de facteurs, notamment les améliorations conceptuelles apportées tant aux véhicules qu'au réseau routier de même qu'à la mise en place de lois qui permettent de mieux régir les dispositifs de retenue des occupants des véhicules et de mieux prévenir les blessures et les infractions relatives à la conduite en état d'ébriété.

Dans la plupart des cas, on a pris des mesures préventives d'ingénierie pour rendre les routes plus sécuritaires, cela après avoir franchi les différentes étapes de conception et avoir tiré parti des connaissances et de l'expérience du personnel compétent dans le secteur de l'ingénierie. En fait, on a assisté à une mise en place graduelle des mesures préventives d'ingénierie axées sur la sécurité routière, un processus qui d'ailleurs s'accompagne rarement de changements législatifs ou réglementaires.

La présente étude souhaite mettre en évidence les réalisations de premier plan dans le secteur de la sécurité routière (celles qui ont contribué à réduire les risques de collision au cours des quarante dernières années) et la contribution des améliorations d'ingénierie canadiennes dans ce domaine.

1.2 Méthodologie de l'étude

Évaluation de la documentation et liste maîtresse préliminaire des améliorations liées à la sécurité. On a procédé au dépouillement de la documentation puis on a établi, à partir des résultats de la recherche

documentaire, une liste maîtresse préliminaire des principales améliorations d'ingénierie qui ont, de façon évidente, accru la sécurité routière au cours des quatre dernières décennies.

Consultation des experts et rapport d'étape. Au cours de l'étape de consultation des experts, nous avons sondé des spécialistes canadiens et américains compétents en ingénierie de la sécurité routière. L'enquête avait pour but de relever les mesures préventives d'ingénierie de la sécurité routière qui se sont révélées les plus efficaces au cours des quarante dernières années.

Analyses des améliorations liées à la sécurité. Le dépouillement des analyses consacrées aux améliorations liées à la sécurité a donné lieu à une évaluation attentive de la documentation, cela dans le but d'avoir de mieux mesurer l'efficacité des mesures choisies d'ingénierie de la sécurité routière.

2.0 CONSULTATION DES EXPERTS

2.1 Liste maîtresse des améliorations d'ingénierie de la sécurité routière

On a procédé à une évaluation exhaustive de la documentation afin de déterminer les principales mesures préventives prises au Canada depuis le début des années 60 pour rendre les routes plus sécuritaires. On a donc dressé une liste préliminaire des améliorations pertinentes d'ingénierie et celles relatives à la circulation qui étaient susceptibles de faire l'objet de recherches et d'enquêtes plus approfondies. On trouvera cette liste au TABLEAU 2.1 de même que les 41 mesures préventives classées en ordre alphabétique.

TABLEAU 2.1 LISTE DE BASE DES AMÉLIORATIONS D'INGÉNIERIE EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE

MESURE PRÉVENTIVE		MESURE PRÉVENTIVE	
1	Gestion d'accès	22	Marquage au sol pour tourner
2	Signalisation clignotante avancée	23	Guidage positif
3	Phases feux rouges à un carrefour	24	Interdiction de stationner le long des artères
4	Dispositifs de bases cédant sous l'impact (lampadaires et supports des panneaux)	25	Phases protégées pour tourner à gauche
5	Élargissement des aires de sécurité	26	Dispositifs d'avertissement aux passages à niveaux (barriers, signaux)
6	Voies pour véhicules lents (le long des autoroutes en montagne)	27	Aires de repos
7	Distances de réaction	28	Glissières de sécurité rigides (médianes et en bordure de la route)
8	Autoroutes à chaussées séparées	29	Carrefours giratoires
9	Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité	30	Bandes rugueuses (bandes médianes ou latérales)
10	Chaussées friction élevée / enrobé ouvert	31	Élargissement des talus
11	Marquage au sol hautement réfléchissant	32	Mise en évidence des panneaux de signalisation
12	Panneaux de signalisation hautement réfléchissants	33	Routes ou rampes de dégagement pour camion
13	Augmentation du rayon des courbes horizontales	34	Éclairage des rues
14	Systèmes de transport intelligents	35	Amélioration des dévers
15	Limites des angles d'intersection (jusqu'à 70° ou plus)	36	Apaisement de la circulation
16	Canalisation des intersections (voies de virage à gauche / à droite)	37	Gestion de la demande de circulation
17	Panneaux de noms de rue plus larges	38	Élargissement de voies de circulation
18	Panneaux de signalisation plus larges	39	Routes ou rampes de dégagement pour camions
19	Voies de rétrécissement plus longues	40	Voies de dégagement à gauche dans les deux sens
20	Feux clignotants aériens	41	Aménagements pour les usagers de la route vulnérables (les trottoirs, etc.)
21	Voies de dépassement (le long des autoroutes à deux voies)		

2.2 Description de l'enquête

On trouvera à l'ANNEXE A un échantillon du formulaire d'enquête et de la lettre d'accompagnement expédiés aux 63 experts d'ingénierie de la sécurité routière. On demandait aux experts de classer, par ordre prioritaire, les mesures préventives d'ingénierie de la liste selon leur efficacité à réduire la fréquence et/ou la gravité des collisions. Par ailleurs, ces derniers pouvaient ajouter et classer d'autres mesures préventives à la case du formulaire prévue à cette fin. Voici les types de classement qui étaient proposés :

- très efficace;
- efficace;
- efficacité modérée;
- peu efficace.

Les experts devaient s'appuyer sur leurs connaissances et leur expérience pour attribuer le niveau d'efficacité qu'ils estimaient pertinent. Par exemple, ceux qui attribuaient à certaines mesures préventives le niveau « très efficace » ou « efficace » devaient préciser une date « d'acceptation universelle » en se reportant à leur expérience. Les dates ainsi consignées représentaient des intervalles du type « au début des années 60 », « au milieu des années 70 » ou « à la fin des années 80 ».

2.3 Profil des experts

Les experts représentaient tous les ordres de gouvernement au Canada et les secteurs privé et universitaire. Bien que l'enquête visait d'une façon particulière les experts canadiens, elle sollicitait également la participation d'experts américains. Vous trouverez ci-contre le profil des experts qui ont participé à l'enquête :

- 5 représentants du gouvernement fédéral;
- 12 représentants des gouvernements provinciaux;
- 10 représentants des gouvernements municipaux;
- 9 représentants du secteur universitaire;
- 10 experts-conseils;
- 5 experts à la retraite;
- 12 experts américains.

On a expédié l'enquête par courriel; les participants disposaient de deux semaines pour y répondre. On leur a envoyé un avis de rappel quatre jours avant la date d'échéance. Par ailleurs, on a incité plusieurs experts, lors de conversations, à participer et à remplir le questionnaire d'enquête à l'approche de la date limite pour l'expédition du formulaire.

2.4 Résultats de l'enquête

Vingt-six experts ont fait parvenir les formulaires d'enquête dûment remplis, ce qui représente un taux de réponse de 41 p. 100 (on trouvera la liste des experts à l'ANNEXE B). Les répondants proviennent de toutes les catégories de la liste « Profil » ci-dessus et de toutes les régions géographiques canadiennes.

Classement des mesures préventives

On a reporté les résultats dans un chiffrier électronique Excel. On a attribué des points de classement prioritaire à chacune des réponses ci-contre en fonction du classement des mesures préventives liées à la sécurité routière :

- 3 points pour le classement « très élevé »;
- 2 points pour le classement « élevé »;
- 1 point pour le classement « modéré »;
- aucun point pour le classement « faible » ou l'absence de classement.

On a par la suite comptabilisé l'ensemble des points de classement prioritaires des répondants pour chacune des mesures préventives lesquelles ne pouvaient récolter qu'un nombre maximal de 78 points (soit 3 points par chacun des 26 questionnaires reçus). On trouvera au TABLEAU 2.2 la liste des mesures préventives classées par ordre de priorité.

TABLEAU 2.2 RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

MESURE PRÉVENTIVE		POINTS	DATE	MESURE PRÉVENTIVE		POINTS	DATE
1	Autoroutes à chaussées séparées	67	Milieu 1960	22	Phases feu rouge	35	Milieu 1970
2	Canalisation des intersections (voies pour tourner à gauche / à droite)	58	Fin 1960	22	Marquage au sol hautement réfléchissant	35	Milieu 1980
3	Élargissement des aires de sécurité	55	Milieu 1970	24	Panneaux de signalisation hautement réfléchissant	34	Milieu 1980
4	Dispositifs de bases cédant sous l'impact (pour les luminaires, bases des panneaux)	53	Fin 1970	24	Améliorations des dévers	34	Début 1970
4	Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité	53	Début 1980	26	Chaussées à friction élevée / à enrobé ouvert	33	Milieu 1980
6	Phases protégées pour tourner à gauche	51	Fin 1970	26	Élargissement des voies de circulation	33	Début 1970
6	Dispositifs d'avertissement aux passages à niveaux (barrières, signaux)	51	Fin 1960	28	Élargissement des talus	32	Milieu 1970
8	Gestion d'accès	50	Fin 1970	29	Interdiction de stationner le long des artères	31	Milieu 1960
8	Glissières de sécurité rigides (médianes et en bordure de route)	50	Milieu 1970	30	Voies de rétrécissement plus longues	29	Fin 1970
10	Limites des angles d'intersection (jusqu'à 70° ou plus)	48	Milieu 1960	31	Signalisation clignotante avancée	27	Milieu 1980
11	Augmentation du rayon des courbes horizontales	43	Milieu 1970	31	Signalisation progressive le long des routes	27	Fin 1960
12	Voies de dépassement (le long des autoroutes à deux voies)	42	Milieu 1970	31	Routes ou rampes de dégagements pour camions	27	Fin 1970
12	Guidage positif	42	Milieu 1980	34	Marquage au sol pour tourner	24	Fin 1970
14	Éclairage des rues	41	Milieu 1970	35	Feux clignotants aériens	22	Milieu 1970
15	Distances de réaction	40	Milieu 1970	35	Apaisement de la circulation	22	Fin 1980
15	Carrefours giratoires	40	Fin 1990	37	Panneaux de signalisation plus larges	20	Début 1990
15	Voies de dégagement à gauche dans les deux sens	40	Milieu 1970	37	Aires de repos	20	Milieu 1970
18	Voies pour véhicules lents (le long des autoroutes en montagne)	39	Milieu 1970	37	Gestion de la demande de circulation		
18	Bandes rugueuses (bandes médianes ou latérales)	39	Milieu 1990	40	Systèmes de transport intelligents		
18	Mise en évidence des panneaux de signalisation	39	Milieu 1980	41	Panneaux de noms de rue plus larges		
21	Aménagements pour les usagers de la route vulnérables (p. ex. les trottoirs)	36	Fin 1980				

Nota : Les « points » représentent les points du classement comptabilisés dans le cadre de l'enquête; la « date » renvoie à la date universelle d'acceptation déterminée dans le cadre de l'enquête.

Une seule mesure préventive (les sauts-de-mouton) a été consignée par plusieurs experts; trois experts y ont fait référence et y ont attribué 8 points. La fréquence d'aménagement de tels dispositifs coïncide avec la construction du réseau routier américain « interstates » qui a débuté dans les années 50 (soit avant l'intervalle de quarante ans auquel s'intéresse en premier lieu la présente étude). Les sauts-de-mouton permettent souvent des améliorations aux chapitres de la capacité et du contrôle de la circulation plutôt qu'au chapitre de la sécurité. Ogden (1996) estime que « l'aménagement des sauts-de-mouton se fonde davantage sur des préoccupations liées à la capacité plutôt qu'à la sécurité ». [Traduction]

Par ailleurs, Ogden fait état d'une étude suédoise qui conclut que l'aménagement de tels carrefours dénivelés se traduirait par une réduction de 50 p. 100 du nombre de collisions. Les améliorations liées à la sécurité qui découlent de l'aménagement de tels dispositifs est tributaire des types utilisés.

Par exemple, il est possible de remplacer un carrefour dénivelé par un échangeur en losange qui achemine les véhicules à deux intersections dotés de signalisation ce qui permet l'accès à toutes les voies ou bien par un saut-de-mouton qui n'aboutit à aucune intersection et aucune voie d'accès. Ces deux concepts sont susceptibles d'apporter des améliorations fort différentes au plan de la sécurité. Dans le cadre de la présente étude, nous ne nous sommes pas intéressés davantage aux sauts-de-mouton.

Date de l'acceptation universelle

La date d'acceptation universelle déterminée à partir de l'enquête est une mesure approximative qui se fonde sur les connaissances et l'expérience des répondants. Elle vise à préciser la date à laquelle on a généralement accepté et mis en place la mesure préventive en cause.

Dans le cadre de l'étude, les experts devaient uniquement préciser une date d'acceptation universelle aux mesures préventives auxquelles ils ont attribué la cote d'efficacité « très élevée » ou « élevée ». Bon nombre de répondants n'ont pas précisé de date ou l'on fait pour les mesures préventives qu'ils ont jugées d'une efficacité « faible » ou « modérée ». On n'a donc reçu un éventail de réponses pour chacune des mesures préventives pour lesquelles, d'ailleurs, on a attribué une année d'acceptation universelle calculée à partir de la moyenne pondérée des dates précisées par répondants (se reporter à l'exemple). On trouvera la date d'acceptation universelle de chacune des mesures préventives au TABLEAU 2.2.

2.5 Mesures préventives choisies

Les 14 mesures préventives choisies à partir de l'enquête réalisée auprès des experts représentent les mesures préventives d'ingénierie les plus susceptibles d'accroître la sécurité routière. Ces mesures feront donc l'objet d'une analyse plus approfondie à la prochaine étape de l'étude.

Exemple de calcul de la date d'acceptation universelle :

Voici les simplifications utilisées pour calculer la moyenne pondérée :

- *L'année 19x2 représentait le « début » de la décennie;*
- *L'année 19x5 année représentait le « milieu » de la décennie;*
- *L'année 19x8 année représentait la « fin » de la décennie.*

Par exemple, on trouvera ci-contre les dates d'acceptation universelle consignées par les répondants concernant la mesure préventive A :

- *Milieu des années 60 : trois réponses*
- *Fin des années 60 : deux réponses*
- *Début des années 70 : trois réponses*
- *Fin des années 70 : une réponse*

Méthode de calcul de l'année pondérée :

$$\text{L'année pondérée} = \frac{(3 \times 1965 + 2 \times 1968 + 3 \times 1972 + 1 \times 1978)}{(3+2+3+1)}$$

Dans l'exemple précité, l'année pondérée est égale à 1969 et la date d'acceptation universelle de la mesure préventive A, en fonction des questionnaires de l'enquête, correspond à la période « fin des années 60 ».

L'utilisation des 41 mesures les mieux cotées était communément acceptée entre les années 60 et 80. Les experts qui ont participé à l'enquête ont, règle générale, attribué un faible pointage aux mesures préventives plus récentes (qui datent du début des années 90) et une cote plus élevée aux améliorations éprouvées et déjà mises à l'essai. Afin de tenir compte des améliorations liées à la sécurité qui découlent des nouvelles mesures préventives d'ingénierie, nous avons ajouté les mesures « carrefours giratoires » (15^e rang) et « bandes rugueuses » (18^e rang) à la liste des mesures préventives qui feront l'objet d'une analyse plus approfondie dans le cadre de la présente étude. Voici la liste exhaustive des mesures préventives d'ingénierie les plus importantes :

1. Autoroutes à chaussées séparées
2. Canalisation des intersections
3. Élargissement des aires de sécurité
4. Dispositifs de bases cédant sous l'impact
5. Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité
6. Phases protégées pour tourner à gauche
7. Dispositifs d'avertissement aux passages à niveaux
8. Gestion de'accès
9. Glissières de sécurité rigides
10. Limites des angles d'intersection

11. Augmentation du rayon des courbes horizontales
12. Voies de dépassement
13. Guidage positif
14. Éclairage des rues
15. Carrefours giratoires
16. Bandes rugueuses

3.0 QUANTIFICATION DES AMÉLIORATIONS LIÉES À LA SÉCURITÉ

Dans la présente section, on quantifiera les améliorations liées à la sécurité routière qui découlent des 16 mesures préventives d'ingénierie choisies; celles-ci feront ultérieurement l'objet d'une analyse détaillée. Ces améliorations sont tirées d'une évaluation de la documentation se rapportant de façon particulière à chacune des mesures préventives. On a procédé au dépouillement des ouvrages, des rapports, des documents publiés, des compendiums des conférences et des renseignements publiés sur Internet de manière à quantifier les améliorations liées à la sécurité qui découlent de la prise de mesures préventives d'ingénierie dans ce domaine.

De plus, pour nous acquitter de notre tâche, nous avons consulté les bases de données de systèmes tels le « Information System for the Prediction of Accident Reductions » (ISPAR) et le « Information System for Estimating Collision Reductions » (ISECR) qui comportent des résumés de documents publiés relatifs aux améliorations de la sécurité qui découlent de la prise de mesures préventives d'ingénierie dans ce secteur.

On trouvera à l'ANNEXE C (intitulée « Bibliographie ») une liste des ouvrages de référence consultés pour la cueillette des informations.

3.1 Autoroutes à chaussées séparées

Elles désignent des autoroutes dont les voies opposées sont séparées une surface gazonnée, une bande médiane surélevée ou une barrière. C'est au cours des années 50, 60 et 70, à l'époque de la construction du réseau routier américain « interstates », que s'est répandue la construction des autoroutes à chaussées séparées. Vers le milieu des années 60, on s'entendait



pour affirmer qu'en dépit de leurs vitesses de roulement supérieures, ce type d'autoroutes (les routes et les autoroutes) étaient les plus sécuritaires, en particulier dans les zones rurales. La documentation fait notamment état des

« gains » ci-contre, au chapitre de la sécurité, qui découlent de l'aménagement d'autoroutes à chaussées séparées et uniques.

- BTS (2002) consigne les taux de collision selon les types de route dans sa publication annuelle qui comporte les statistiques du secteur des transports. On y apprend, pour l'année 2000, que le taux mortalité sur les autoroutes du type « interstates » (qui sont toutes à chaussées séparées) s'élève à 1,19 décès par 100 millions de véhicules par mille. En ce qui concerne les autres artères rurales (qui sont pour la plupart à chaussées uniques) ce taux s'élève à 2,12 décès.
- Montufar (2002) a étudié les collisions impliquant des camions lourds dans la région des prairies canadiennes. L'étude a tenu compte de toutes les collisions impliquant des camions lourds déclarées qui se sont produites entre 1993 et 1998 sur les autoroutes et les zones urbaines provinciales. L'analyse des taux a permis de mettre en évidence le fait que le taux de collisions impliquant des camions lourds survenues sur les autoroutes provinciales à chaussées uniques de cette région est environ de 12 p. 100 supérieur à celui des autoroutes à chaussées séparées.
- Huang et al. (2001) ont réalisé une étude sur les collisions mortelles et/ou avec blessures survenues en Caroline du Nord entre 1993 et 1997. Ils concluent notamment que, dans les zones rurales, les routes à plusieurs voies à chaussées uniques (qui ne sont pas considérées comme des autoroutes) affichent des taux de collisions de 68 p. 100 supérieur aux routes du même type mais à chaussées séparées.
- Council et Stewart (1999) ont affirmé, à partir des données qui proviennent de la Californie, du Michigan, de la Caroline du Nord et de Washington, que la conversion des routes à deux voies à chaussées uniques en routes à quatre voies à chaussées séparées se traduirait par des améliorations importantes de la sécurité. Ce type de conversion réduirait de 40 à 60 p. 100 le nombre de collision par kilomètre.
- Liu et Leeming (1996) ont réalisé une étude rigoureuse au Royaume-Uni concernant les écarts statistiques se rapportant aux taux de collisions impliquant des camions lourds qui mettent en cause un agencement de caractéristiques propres à la route et à la circulation

routière. Ils concluent que, règle générale, le taux de collisions avec blessures impliquant des camions lourds sur les routes à chaussées uniques est le double de celui des routes à chaussées séparées.

Résumé : Les autoroutes à chaussées séparées sont beaucoup plus sûres que celles à chaussées uniques, en particulier dans les zones rurales. On peut s'attendre à une réduction maximale de 60 p. 100 du taux de collision en convertissant les routes à chaussées uniques en routes à chaussées séparées.

3.2 Canalisation des intersections

Le terme canalisation désigne « ...une mesure de séparation qui assure le contrôle des véhicules circulant en sens inverse en les acheminant dans des voies définies, notamment au moyen d'îlots séparateurs ou de signalisation horizontale de manière à favoriser une circulation sécuritaire et ordonnée des véhicules et des piétons » [Traduction]



(AASHTO, 1990). Compte tenu de la congestion de plus en plus fréquente des voies de circulation, on a, dès la fin des années 60, adopté un peu partout des dispositions visant à renforcer la canalisation, en particulier par l'aménagement de phases pour les virages à gauche et à droite.

Non seulement la canalisation favorise-t-elle la circulation aux intersections, mais elle contribue également à rendre les zones urbaines et rurales plus sûres. La documentation fait état d'importantes améliorations de la sécurité routière consécutives à la canalisation de la circulation (selon qu'il s'agisse d'une phase de virage à gauche ou à droite) :

- Harwood et al. (2002) ont fait des évaluations avant-après des répercussions de l'aménagement des voies de virage à gauche et à droite aux carrefours dénivelés (sauts-de-mouton) sur la sécurité. Ils concluent que l'ajout de voies de virage à gauche est susceptible de réduire de 28 p. 100 le nombre total de collisions aux intersections rurales sans signalisation (aux carrefours à quatre voies) et de 44

p. 100 aux intersections à trois voies. En ce qui concerne les intersections sans signalisation des zones urbaines, l'aménagement de voies de virage à gauche pourrait diminuer le nombre de collisions de 27 p. 100 aux carrefours à quatre voies et de 33 p. 100 aux intersections à trois voies.

Par ailleurs, on prévoit que l'aménagement d'une voie de virage à gauche aux intersections avec signalisation des zones urbaines réduira de 10 p. 100 le nombre de collisions. De plus, les auteurs ont déterminé que l'aménagement de voies de virage à droite est efficace tant dans les zones rurales qu'urbaines. De telles voies réduisent le nombre de collision à l'approche de chacun des véhicules aux carrefours à quatre voies sans signalisation des zones rurales de 27 p. 100, et de 18 p. 100 aux intersections urbaines avec signalisation.

- Forbes (2003) cite une étude portant sur l'évaluation des répercussions de l'aménagement de voies de virage à gauche et de terre-plein aux intersections avec signalisation des artères de la ville d'Hamilton en Ontario. Les chercheurs observent une réduction de 30 à 75 p. 100 du taux de collision selon l'intersection en cause.
- Tignor (1999) présente les résultats de recherches californiennes consacrées aux améliorations liées à la sécurité qui découlent de l'utilisation de différents dispositifs de contrôle de la circulation. On peut corrélérer l'utilisation de la canalisation (qui se présente sous la forme d'une phase tourne-à-gauche aux intersections avec signalisation) à une réduction moyenne de 15 p. 100 du nombre de collisions. Aux intersections sans signalisation, cette réduction s'élève à 65 p. 100 (avec l'ajout des terre-pleins et barres surélevés) et à 30 p. 100 (lorsque la canalisation comporte une signalisation peinte).
- Dans les études citées par Neuman (1999), on constate que l'établissement de voies de virage à gauche aux intersections avec signalisation peuvent réduire les collisions de 18 à 40 p. 100.
- Ward (1992) conclut que l'aménagement, en Grande-Bretagne, d'un dispositif de canalisation assortie d'une signalisation peinte aux intersections situées en milieu rural a permis de protéger les véhicules effectuant un virage et de décourager les dépassements. On a ainsi

observé une réduction de 35 p. 100 du nombre de collisions aux emplacements observés.

Résumé : L'aménagement de canalisations pour les virages à gauche et à droite peut de façon importante améliorer la sécurité aux intersections et aux endroits avec ou sans signalisation. L'aménagement de canalisations pourrait réduire jusqu'à 75 p. 100 le taux annuel de collision.

3.3 Élargissement des aires de sécurité

L'aire de sécurité désigne l'aire totale traversable de la zone de récupération accessible au véhicule hors de contrôle (TAC, 1999). C'est dans l'édition de 1967 du Yellow Book de l'AASHO (AASHO, 1967) qu'on a pour la première fois recommandé l'aménagement d'une aire de sécurité. On avait déterminé la largeur de 30 pieds (9,14 mètres), qui n'était pas une mesure de



référence, en se fondant sur les études « Proving Ground » du constructeur automobile General Motor; ces études portaient sur l'aire latérale nécessaire au maniement des véhicules qui, par inadvertance, quittaient la piste d'essai (Olivarez, 1988). Dès le milieu des années 70, l'aménagement des aires de sécurité en tant que composante importante de la conception des routes faisait l'objet d'un vaste consensus. Un résumé des améliorations liées à la sécurité qui découlent de l'aménagement des aires de sécurité citées dans la documentation est présenté ci-dessous :

- Ogden (1996) affirme que l'efficacité de l'aménagement des aires de sécurité est bien établie. Pour le démontrer, il cite deux études américaines relatives à la réduction probable des types de collisions qui s'y rattachent lorsqu'on élargit les aires de sécurité des tronçons droits et les courbes horizontales. Sanderson (1996) fait état de conclusions semblables qui s'appuient des recherches publiées par le FHWA. On trouvera ces conclusions au TABLEAU 3.1.

TABLEAU 3.1 FACTEURS DE RÉDUCTION DES COLLISIONS À L'APPUI DE L'ÉLARGISSEMENT DES AIRES DE SÉCURITÉ

ÉLARGISSEMENT DE L'AIRE DE SÉCURITÉ	RÉDUCTION SELON LES TYPES DE TRONÇONS ROUTIERS (%)	
	Droits	Courbes
1,5 m (5 pi)	13	9
2,4 m (8 pi)	21	14
3,0 m (10 pi)	25	17
3,6 m (12 pi)	29	19
5,0 m (15 pi)	35	23
6,0 m (20 pi)	44	29

Source : Cité dans Ogden (1996)

- Tignor et al. (1982) citent une étude australienne concernant les bordures de route qui conclut ce qui suit : une aire de sécurité d'au moins 30 pieds permettrait à la majorité de conducteurs des véhicules qui quittent la route de reprendre la maîtrise de leur véhicule.

Résumé : L'aménagement d'aires de sécurité élargies permet de réduire jusqu'à 40 p. 100 le nombre de collisions.

3.4 Dispositifs de bases cédant sous l'impact

Il s'agit de dispositifs dont le socle se brise sous l'impact d'un véhicule. Ils ont gagné en popularité à la fin des années 70 et constituaient une suite logique à la place de plus en plus importante accordée à l'aménagement d'aires de sécurité. Les dispositifs de bases cédant sous l'impact réduisent la gravité des collisions plutôt que leur fréquence. Vous trouverez ci-dessous un résumé des répercussions, au chapitre de la sécurité, de l'aménagement des dispositifs de bases cédant sous l'impact citées dans la documentation :



- Cirillo (1999) note que l'utilisation générale des dispositifs de bases cédant sous l'impact a pratiquement supprimé les décès à la suite de la

collision des véhicules avec des panneaux de signalisation et des lampadaires sur les routes.

- Cirillo et Council (1986) font état de réductions de 30 p. 100 du nombre des collisions avec blessures corporelles consécutives à l'installation de dispositifs de bases cédant sous l'impact pour les socles de lampadaire. De plus, il observe que ces socles sont efficaces lors de collisions avec des véhicules circulant à des vitesses supérieures à 50 et 60 km/h.
- Mak et Mason (1980) ont réalisé une étude afin d'évaluer l'efficacité, la rentabilité et la capacité des poteaux de bases cédant sous l'impact et traditionnels à réduire la gravité des blessures corporelles. Ils concluent que les poteaux encastrés sont trois fois plus susceptibles de provoquer des accidents mortels (par 100 accidents) que les poteaux de bases cédant sous l'impact.

Résumé : Les dispositifs de bases cédant sous l'impact réduisent la gravité plutôt que la fréquence des collisions. Leur utilisation permet de supprimer les décès consécutifs à ce type d'impact et de réduire jusqu'à 30 p. 100 le nombre de blessures graves qui en résultent.

3.5 Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité

Selon le Texas Transportation Institute (2001), on aurait aménagé environ 750 000 extrémités des glissières de sécurité sur le territoire américain. De plus, on dénombre chaque année plus de 15 000 collisions avec ce type de dispositif qui entraîne plus de 100 décès et plus de 5 000 blessures corporelles. Depuis la fin des années 80, on fait des efforts constants pour améliorer la sécurité aux extrémités des glissières. L'installation de systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité contribue à réduire la gravité des collisions sans toutefois en réduire la fréquence.



L'AASHTO (1996) précise que les extrémités des glissières ne devraient pas endommager les véhicules ni entraîner une perte de contrôle des véhicules (notamment les déviations, les embardées et les capotages). Depuis 1998, le Federal Highway Administration américain exige que les nouvelles d'extrémités des glissières de sécurité sur les autoroutes fédérales soient conformes aux 350 critères des essais de collisions énoncés dans le rapport du National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)(Royer, 1999).

Voici les extrémités des glissières de sécurité les plus connus qui satisfont aux nouveaux critères précités : (1) glissière de sécurité à fentes du type 350; (2) glissière de sécurité à embout non protégé; (3) glissière de sécurité à embout souterrain; (4) glissière de sécurité à embout protégé. Voici quelques-unes des conclusions citées dans la documentation :

- Proctor (1995) a évalué six emplacements à Birmingham, en Angleterre, où l'on avait installé des amortisseurs d'impact. Il observe une réduction d'environ 46 p. 100 du nombre de collisions mortelles, de collisions causant des blessures graves et de collisions légères causant des blessures corporelles.
- Elvik (1995) a réalisé une évaluation exhaustive de 32 études qui avait pour but de mesurer les répercussions, au chapitre de la sécurité, des barrières médianes, des glissières de sécurité et des amortisseurs d'impact. Il estime que l'installation des amortisseurs d'impact se traduirait par une réduction de 84 p. 100 du taux de collisions, de 69 p. 100 du nombre de collisions mortelles et de 68 p. 100 des collisions avec blessures corporelles.
- Griffin (1984) a réalisé une étude concernant l'efficacité des amortisseurs d'impact aménagés au Texas à réduire le nombre d'accidents mortelles ou avec blessures. À cette fin, on a analysé les données recueillies durant une période de quatre ans concernant les fins de voie des ponts et les structures de support des passages inférieurs pour déterminer le nombre de décès et de blessés par collision. On a par la suite comparé ces moyennes à des échantillons de 560 collisions impliquant un seul véhicule qui mettaient en cause des amortisseurs d'impact. On observe que les dispositifs ont permis de réduire de 78 p. 100 le nombre d'accidents mortelles de 27 p. 100 le d'accidents avec blessures.

Résumé : Les systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité constituent un moyen efficace de réduire la gravité des collisions. La mise en place de tels dispositifs peut contribuer à réduire le nombre de décès de 78 p. 100 et celui du nombre de blessés de 68 p. 100.

3.6 Phases protégées pour tourner à gauche

Les phases protégées pour tourner à gauche désignent les voies exclusives pour les virages à gauche aux intersections dotées de signalisation (Noyce et al., 2000) [Traduction]. Le conducteur qui souhaite tourner à gauche peut ainsi effectuer un tel virage autorisé par un feu vert fléché; le feu rouge circulaire lui indique qu'il doit attendre le prochain cycle et le feu vert fléché correspondant pour tourner à gauche. L'accroissement de



la congestion routière dans les villes densément peuplées a donné lieu, à la fin des années 70, à l'aménagement de phases uniques protégées. En dépit de la contribution attestée de ces phases au plan de la sécurité, leur utilisation demeure somme toute assez limitée à l'extérieur des zones urbaines très congestionnées puisqu'elles entraînent une réduction de la circulation aux intersections. On trouvera les informations suivantes tirées de la documentation concernant cette mesure préventive :

- Forbes (2003) cite des études de Upchurch (1991) et de Shebeeb (1995) qui montrent que les améliorations liées à la sécurité qui découlent de l'aménagement des phases uniques protégées de virage à gauche par rapport à d'autres dispositifs de contrôle des virages à gauche. Les études montrent que l'utilisation des phases protégées pour tourner à gauche réduit les risques de collision d'au moins 50 p. 100 par rapport à d'autres types de dispositifs de contrôle de la circulation.
- Selon le manuel de la sécurité routière de l'état du Michigan, la mise en place de tout type de signalisation relative au virage à gauche (virage protégé, « en file » et séparé) pourrait réduire de 25 p. 100 tous les types de collision. Une telle affirmation s'appuie sur les recherches réalisées par le Kentucky Transportation Research Program, le

Kentucky Transportation Center et le Texas Department of Transportation qui ont respectivement conclu à une réduction de 25 p. 100 du nombre de collisions (Southeast Michigan Council of Governments, 1997).

- Friedman et al. (1982) ont étudié les statistiques antérieures et postérieures aux collisions survenues aux voies d'accès de 28 intersections de routes de Floride où l'on avait récemment changé les phases uniques protégées pour des phases protégées/qui autorisent le virage à gauche et vice-versa. Ces chercheurs ont déterminé que ces les phases protégées/qui autorisent le virage à gauche peuvent parfois entraîner une baisse importante des collisions consécutives à un virage à gauche.

Résumé: L'utilisation des phases protégées pour tourner à gauche peut contribuer à réduire d'au moins 25 p. 100 les risques de collision.

3.7 Dispositifs d'avertissement aux passages à niveaux

À la fin des années 60, on constate de plus en plus la nécessité d'améliorer les dispositifs d'avertissement aux passages à niveau, ce qui comprend les feux clignotants et les barrières.



Plus récemment, soit dans les années 90, on a installé des systèmes intelligents pour assurer le contrôle de la synchronisation de la signalisation et de la longueur de la file des véhicules aux passages à niveau de manière à répondre de façon toute particulière aux accidents très médiatisés impliquant des trains et des autobus aux États-Unis. De plus, au cours des années 90, on a installé des appareils électroniques photographiques et vidéo pour assurer le respect de la réglementation relative aux barrières de contrôle. La documentation comportait les informations suivantes :

- Tignor (1999) cite des conclusions d'une étude californienne visant à évaluer la sécurité et les avantages au plan financier du « Rail-Highway

Crossing Program » (programme visant les passages à niveau) mis de l'avant au milieu des années 70 aux États-Unis. On trouvera au TABLEAU 3.2 les améliorations liées à la sécurité qui découlent de différentes mesures prises aux passages à niveau.

TABLEAU 3.2 AMÉLIORATIONS LIÉES À LA SÉCURITÉ CONSÉCUTIVES À L'INSTALLATION DE DISPOSITIFS DE SIGNALISATION AUX PASSAGES À NIVEAU

COMPOSANTE	RÉDUCTION DU TAUX D'ACCIDENT MORTEL À LA SUITE D'UNE COLLISION (%)	RÉDUCTION DU TAUX D'ACCIDENT AVEC BLESSURES RÉSULTANT D'UNE COLLISION (%)	RÉDUCTION DU TAUX DE COLLISION (%)
Mise à niveau de la signalisation clignotante aux chemins de fer	87	36	46
Nouvelle signalisation clignotante aux chemins de fer	85	76	78
Nouvelle signalisation clignotante et barrières aux chemins de fer	91	83	84
Nouvelles barrières aux chemins de fer	91	74	78

Source : Cité dans Tignor (1999)

- Pinnell et al. (1982) cite une étude exhaustive réalisée par le California Public Utilities Commission concernant l'efficacité relative des dispositifs actifs à réduire le nombre de collisions aux passages à niveau. L'étude conclut que l'utilisation de tels dispositifs a donné lieu à une réduction de 69 p. 100 du nombre de collisions entre des véhicules et des trains, de 86 p. 100 des collisions mortelles et de 83 p. 100 des collisions causant des blessures corporelles. De plus, l'aménagement de la signalisation lumineuse a entraîné une réduction de 52 p. 100 du taux général de collisions et une réduction de 65 p. 100 du taux de collisions nocturnes aux passages à niveau régis par des normes d'alignement moins sévères.

Résumé : Les dispositifs d'avertissement aux passages à niveau peuvent réduire le taux de collision général jusqu'à 84 p. 100 et le taux de collisions mortelles jusqu'à 91 p. 100.

3.8 Gestion d'accès

La gestion d'accès désigne le processus qui permet d'assurer la gestion équilibrée des besoins des conducteurs qui circulent sur la route et des personnes qui utilisent la voie d'accès à leur propriété. [Traduction] (Stover and Koepke, 2000). La gestion des accès favorise une circulation plus efficace et plus sécuritaire des autoroutes. Il existe deux types fondamentaux de gestion d'accès, soit celles qui visent les aires en bordure des routes et les dispositifs médians (Stover, Tignor, et Rosenbaum, 1982).



C'est à la fin des années 70 qu'on a constaté la nécessité d'assurer une gestion d'accès à la suite de la croissance des banlieues en Amérique du Nord et de la commercialisation des artères principales fortement utilisées par les banlieusards. Plusieurs études révèlent que la gestion d'accès a un effet positif sur la sécurité. Vous trouverez ci-dessous un résumé des résultats consignés dans la documentation :

- Gluck et Levinson (2000) font état d'une analyse exhaustive des données relatives aux collisions recueillies auprès de huit états américains; l'analyse portait sur 240 tronçons routiers et plus de 37 500 collisions. Ils ont déterminé, en prenant comme donnée de référence dix voies d'accès par mille, que l'ajout d'une seule voie d'accès se traduisait par une hausse de 4 p. 100 du taux de collisions.
- Preston (2000) estime que la gestion d'accès représente une question de sécurité publique tout à fait légitime. Il fonde cette observation sur une étude exhaustive réalisée au Minnesota qui s'intéressait au lien de corrélation entre la gestion d'accès et le nombre de collisions. L'étude conclut à un rapport de proportionnalité entre ces deux facteurs.
- Brown et Tarko (1999) ont élaboré plusieurs modèles prévisionnels des taux de collisions sur les tronçons routiers à voies multiples en Indiana à partir des caractéristiques géométriques et de contrôle d'accès. Ils constatent que le nombre de collisions augmente en

fonction de la densité et de la proportion des voies d'accès sans signalisation.

- Gattis (1996), dans une étude portant sur trois tronçons routiers d'une petite ville de l'Oklahoma, conclut que le tronçon dont les accès font l'objet des mesures de contrôle les plus importantes présentent des taux de collisions d'environ 40 p. 100 inférieur à celui des deux autres tronçons.
- Sanderson (1996) fait état d'une recherche publiée par le FHWA laquelle montre que le nombre de collisions augmente en fonction du nombre de voies d'accès et de la densité quotidienne moyenne de la circulation. Dans les rues peu circulées, le risque de collisions peut plus que doubler sur les tronçons qui comportent plus de 60 voies d'accès aux propriétés par mille par rapport à ceux qui ont moins de 30 voies d'accès par mille.
- Stover, Tignor et Rosenbaum (1982) citent une étude présentée au congrès américain dans laquelle on affirme que « les mesures de contrôle des voies d'accès constituent le facteur d'ingénierie permettant de réduire le plus le nombre de collisions » [Traduction].

Résumé : En limitant le nombre de voies d'accès le long d'une route, on peut réaliser des améliorations importantes liées à la sécurité ce qui pourrait réduire d'environ de moitié les risques de collision.

3.9 Glissières de sécurité rigides

Les glissières de sécurité doivent pouvoir acheminer et/ou contenir un véhicule hors de contrôle sans que les occupants du véhicule ne subissent une décélération excessive. (Ogden, 1996) [Traduction]. Les glissières de sécurité rigides (ou en béton) sont assorties de différents types de coupe transversale (p. ex. de la forme New Jersey, en forme de F et en pente constante).



La glissière de béton la plus commune est la glissière de type New Jersey, notamment sur les terre-plein des autoroutes à chaussées séparées ou en tant que composante de la glissière d'un pont.

Au milieu des années 70, on constate de plus en plus la nécessité d'aménager des aires de sécurité élargies. Les concepteurs ont alors convenu lorsque qu'on ne pouvait déplacer ou relocaliser les composantes qui présentaient des dangers tels que les remblais abrupts, les arbres, la circulation dans le sens inverse ou les poteaux électriques qui se trouvaient dans les aires de sécurité, on devait aménager des glissières pour protéger les véhicules hors de contrôle qui risquaient d'être impliqués dans des collisions plus graves.

De façon générale, l'aménagement de glissières de sécurité rigides se traduit par une fréquence accrue des collisions puisque la glissière constitue une composante fixe. Ce type de glissière permet cependant d'éviter les collisions frontales et les sorties de route particulièrement graves. Voici les conclusions tirées de la documentation :

- Zein et Rocchi (1999) ont évalué la documentation disponible; ils estiment que l'aménagement de glissières médianes permettrait sans doute en moyenne de réduire le nombre de collisions mortelles avec ce type de glissières de 40 p. 100 et le nombre de collisions avec blessures de 20 p. 100. Ils croient cependant qu'on observera une hausse moyenne de 30 p. 100 du nombre total de collisions avec ces glissières médianes.
- De plus, Zein et Rocchi (1999) ont évalué la documentation disponible relative aux glissières sur les aires de sécurité; ils concluent que l'aménagement de glissières de sécurité rigides à cet endroit se traduirait par une baisse de 27 p. 100 du taux de collisions et des réductions respectives de 44 et 52 p. 100 des collisions causant des blessures corporelles et des décès.
- Mak et Sicking (1990) observent « qu'on ne connaît pas l'efficacité des glissières de sécurité en béton à réduire le nombre de décès et de blessures graves » [Traduction]. Par ailleurs, ils ajoutent que l'aménagement de telles glissières permettra sans doute de sauver des centaines voire des milliers de vie chaque année. » [Traduction]

- Cirillo et Council (1986) précisent qu'on a réduit la gravité des collisions aux endroits où l'on a aménagé des glissières de béton en remplacement à d'autres types de glissières.

Résumé : Les glissières de sécurité rigides, de façon générale, réduisent la fréquence des collisions particulièrement graves même si elles pourraient parallèlement accroître la fréquence des collisions moins graves. L'aménagement de glissières peut réduire jusqu'à 52 p. 100 les risques de collisions mortelles.

3.10 Limite des angles d'intersection (70° ou plus)

On considère les angles d'intersection les plus près de 90° plus sûrs que les que ceux qui sont du type très aigus ou obtus. De façon générale, les directives actuelles relatives à la conception des routes limitent les angles d'intersection à 70° (110°) ou supérieurs. On trouvera ci-contre un résumé des résultats de l'évaluation de la documentation portant sur ce sujet :



- Staplin et al. (2001) affirment dans le document « Highway Design Handbook for Older Drivers and Pedestrians » que la « réduction de l'angle de l'intersection rend l'identification des risques éventuels liés à la circulation de véhicules en sens opposé sur la chaussée et la prise de décisions concernant ces risques encore plus difficile » [Traduction]. Ils précisent que les intersections asymétriques présentent des problème particuliers pour les conducteurs plus âgés qui peuvent avoir une mobilité cervicale réduite habituellement attribuable au vieillissement.
- ITE (1999) estime que l'angle d'intersection devrait idéalement s'élever à 90 degrés, lorsque cela est possible; il ne devrait pas être inférieur à 75 degrés (p. ex. de 60 degrés ou moins). Il ajoute que les intersections en biais posent souvent des problèmes aux plans de la circulation et de la sécurité de sorte qu'il est souvent nécessaire de réaménager ces emplacements ou d'installer des dispositifs de contrôle de la circulation plus efficaces, notamment des dispositifs de signalisation. » [Traduction]

Par ailleurs, l'ITE (1999) affirme, concernant les questions liées à la conception d'intersections aux autoroutes à deux voies dans les zones rurales, que les angles de biais supérieurs à 75 degrés sont souvent la cause de problèmes particuliers aux intersections des zones rurales qui comportent des arrêts contrôlés. En effet, un tel angle diminue le champ de vision du conducteur du véhicule immobilisé, accroît le temps nécessaire pour traverser la voie et donne lieu à des situations susceptibles de semer la confusion chez les conducteurs qui se trouvent à l'intersection. » [Traduction]

- Walker (1993) relève que le AASHTO et le TAC recommandent respectivement de fixer l'angle des voies aux intersections entre 60 et 120 degrés et entre 70 et 110 degrés. Par ailleurs, il précise qu'un angle élevé se traduit par un agrandissement de la zone « problématique » et de l'aire de virage des camions, une limitation plus importante du champ de vision et une exposition plus prolongée des véhicules qui traversent l'intersection.
- Kuciemba et Cirillo (1991) ont étudié les conséquences, au chapitre de la sécurité, de l'aménagement des intersections en forme de T ou de Y dans les municipales rurales américaines. À la suite de l'analyse de ces 500 intersections, ils ont déterminé que le taux de collisions des intersections en T est de 34 p. 100 inférieur à celui des intersections en Y (1,22 collision par millions de véhicules pour les intersections en Y et 0,80 pour les intersections en T).

Résumé : Même si nous ne possédons que des données limitées à ce sujet, nous pouvons affirmer que les intersections dont l'angle s'approche le plus de 90 degrés sont, de façon générale, beaucoup plus sécuritaires que les intersections qui forment des angles aigus.

3.11 Augmentation du rayon des courbes horizontales

Les conducteurs doivent se concentrer davantage dans les courbes horizontales que les tronçons de route tangentiels. En fait, on estime généralement que les courbes horizontales au rayon aigu (petit) augmentent les risques de collision. On peut



habituellement rendre ces routes plus sûres en aplatissant la courbe horizontale de manière à en augmenter le rayon. On dénombre plusieurs études qui s'intéressent au rapport entre l'alignement horizontal et la sécurité :

- Selon Hauer (1999) – qui fonde ses affirmations sur une étude de la documentation qui traite de la sécurité et de l'inclinaison des courbes, la plupart des études à ce sujet établissent un lien de corrélation entre le taux de collisions et l'angle d'inclinaison des courbes.
- Sanderson (1996) fait état de recherches publiées par le FHWA selon lesquelles la réduction des courbes s'accompagne d'une baisse du taux de collision. Par exemple, en réduisant le rayon de la courbe de 30 à 5 degrés, on diminue de 83 p. 100 les différents types de collision, en particulier les sorties de route, les collisions frontales, les collisions en écharpe en sens opposé et dans le même sens.
- Karl-Olov (1989) note une hausse importante des taux de collision lorsque le rayon de la courbe est inférieur à 1 000 mètres. Il cite une étude suédoise où les chercheurs ont déterminé que, pour les routes assorties de limites de vitesse de 90 km/h, l'augmentation du rayon de la courbe contribue à réduire les taux de collision par les facteurs énumérés au tableau 3.3.

TABLEAU 3.3 FACTEURS DE RÉDUCTION DES COLLISIONS SELON DIVERS ÉLARGISSEMENTS DES RAYONS HORIZONTAUX

DE (m)	À (m)		
	500	700	1500
300	0,25	0,35	0,45
500		0,10	0,30
700			0,20

Source : Karl-Olov (1989)

Il est possible d'améliorer la sécurité des routes qui comportent des courbes horizontales lorsqu'on applique les principes qui régissent l'uniformité des caractéristiques conceptuelles. Une telle uniformité favorise une plus grande prévisibilité des vitesses de roulement ce qui permet de réduire les demandes

d'attention de la part du conducteur et les éléments de surprise lorsque la négociation d'une courbe nécessite une décélération importante par rapport à la vitesse des autres routes avoisinantes (Lamm, 1999).

Résumé : Règle générale, l'augmentation du rayon de la courbe se traduit par une réduction des risques de collisions. Ainsi, on pourra observer des baisses appréciables des facteurs de collisions, qui pourrait atteindre jusqu'à 0,45, lorsqu'on apporte des améliorations aux rayons trop petits. Au plan de la sécurité, nous devons, dans la mesure du possible, assurer l'uniformité des caractéristiques conceptuelles.

3.12 Voies de dépassement

Règle générale, on ajoute les voies de dépassement aux autoroutes à deux voies afin de permettre le doublage des véhicules et ainsi réduire l'ampleur des files de véhicules qui sont source de frustration pour les conducteurs. On a consacré plusieurs études à l'évaluation des effets de l'aménagement de voies de dépassement sur la sécurité routière :



- La recherche citée par Ogden (1996) conclut à une réduction de 25 p. 100 du nombre de collisions avec l'ajout d'une voie de dépassement à toutes les routes rurales en Australie. De plus, il relève que les améliorations liées à la sécurité qui découlent de l'aménagement de voies de dépassement est fonction de l'emplacement, de l'espacement entre ces voies et de leur nombre par rapport à la densité de la circulation et du type de terrain.
- Ogden et Pearson (1991) font référence à une étude américaine où on a observé que les routes dotées d'une voie de dépassement réduisaient de 38 p. 100 le nombre total de collisions et de 29 p. 100 les collisions mortelles et avec blessures par rapport aux routes où l'on ne trouvait pas de telles voies.

- Pak-Poy et Kneebone (1988) font état d'une étude californienne antérieure qui conclut que l'aménagement d'une voie de dépassement réduit d'environ 25 p. 100 le nombre de collisions.

Résumé : L'ajout d'une voie de dépassement aux autoroutes à deux voies est susceptible de réduire jusqu'à 38 p. 100 le nombre total de collisions et jusqu'à 29 p. 100 le nombre de collisions graves.

3.13 Guidage positif

Alexander (2001) précise que le guidage positif est un moyen de communiquer aux conducteurs les informations dont ils ont besoin pour éviter les dangers au moment et à l'endroit opportuns et sous la forme la plus efficace dans des circonstances particulières. La complexification et la congestion sans cesse croissante du réseau routier ont contribué à mettre en



évidence, au milieu des années 80, la nécessité d'appliquer des principes pour régir le guidage positif. Il est vrai que la documentation ne considère pas, de façon générale, le « guidage positif » comme une mesure préventive particulière, il n'en demeure pas moins que bon nombre de composantes sous-jacentes qui s'y rattachent, notamment les panneaux de signalisation avancée, la délimitation améliorée, la signalisation clignotante avancée et les panneaux de signalisation des dangers, ont fait l'objet de plusieurs études. On trouvera ci-contre les résultats cités dans la documentation :

- Sayed (1998), en se fondant sur les analyses avant-après et les modèles prévisionnels de collision, a réalisé une étude pour déterminer les effets de la signalisation clignotante avancée sur la sécurité du réseau routier à Vancouver. Ce type de signalisation avait des répercussions sur 25 des 106 intersections dotées de signalisation. Il a permis, à ces emplacements particuliers, de réduire le nombre de total de collisions entre 8 et 18 p. 100 et le nombre de collisions graves de 10 à 14 p. 100.

- Tignor (1993) cite des études américaines qui concluent que l'installation de panneaux avertisseurs est susceptible de réduire de 29 p. 100 le nombre de décès consécutifs à une collision et de 14 p. 100 le nombre de collisions avec blessures. On estimait pouvoir faire passer le taux moyen de collisions de 36 à 20 p. 100 en installant des panneaux avertisseurs de courbes et des panneaux de limite de vitesse.
- À la suite de l'installation de chevrons comme signalisation avancée des courbes horizontales, le County Surveyor's Society (1989) du Royaume-Uni a observé, à partir de l'évaluation des données statistiques, une réduction appréciable du nombre de collisions à 9 des 18 emplacements étudiés de même qu'une réduction pouvant aller jusqu'à 70 p. 100 du nombre de collisions qui y sont rattachées.
- Pak-Poy et Kneebone (1988) citent une étude américaine qui avance l'idée que l'utilisation d'autres panneaux avertisseurs (notamment ceux présents en bordure de la route) peut réduire de 20 à 30 p. 100 le taux de collisions.
- Bissel (1983) fait état d'une étude américaine qui conclut que l'aménagement d'indicateurs traceurs montés sur poteaux réduit de 30 p. 100 le risque de collisions consécutives à une sortie de route.

Résumé : Il existe différents types de dispositifs de guidage positif qui sont susceptibles d'accroître de 10 à 30 p. 100 la sécurité routière.

3.14 Éclairage des rues

Selon Hasson et Lutkevich (2002), les dispositifs d'éclairage ont plusieurs fonctions : (1) améliorer la visibilité des usagers de la route; (2) réduire les risques de collision en donnant aux conducteurs des informations visuelles suffisantes; (3) assurer un éclairage supplémentaire qui s'ajoute à celui des phares des véhicules, le cas échéant.



C'est véritablement au milieu des années 70 que l'on a commencé à aménager des dispositifs d'éclairage pour réduire les risques de collision. Il est vrai que les lampadaires représentent en soi un danger en tant qu'objet fixe. Aussi, il convient de tenir compte de la variation nette entre la fréquence et le taux des collisions survenues le jour et la nuit à l'étape de l'évaluation des répercussions de l'aménagement de dispositifs d'éclairage. On a consacré de nombreuses études à l'évaluation de l'efficacité de tels dispositifs :

- Hasson et Lutkevich (2002) citent une étude réalisée par le Federal Highway Administration qui montre que l'installation de dispositifs d'éclairage constitue la mesure d'amélioration de la sécurité routière qui offre le rapport coûts-avantages le plus élevé. Les auteurs affirment que ce type de dispositif représente une mesure préventive éprouvée qui remédie à une foule de problèmes liés à la sécurité. Ils nuancent cependant leur propos en ajoutant qu'on devrait réaliser des recherches supplémentaires sur des problèmes particuliers liés à la matière de sécurité pour garantir une utilisation plus efficace des dispositifs d'éclairage sur les routes.
- Wilken et al. (2001) précisent que les dispositifs d'éclairage contribuent à réduire la fréquence des collisions nocturnes, une fréquence qui varie selon le catégorie de route et le type de collisions. Les études citées dans le rapport font état d'améliorations de la sécurité routière qui découlent de l'installation de dispositifs d'éclairage dans certains pays européens.
 - a) La Finlande rapporte que l'installation des dispositifs d'éclairage s'est traduite par une réduction de 20 à 30 p. 100 du nombre des collisions.
 - b) Une étude norvégienne fait état d'une réduction de 65 p. 100 des collisions nocturnes mortelles, de 30 p. 100 des collisions avec blessures corporelles et de 15 p. 100 des collisions avec dommages matériels.
 - c) Des études néerlandaises concluent à des réductions entre 18 et 23 p. 100 du nombre de collisions consécutives à l'aménagement de dispositifs d'éclairage.

- Tignor (1999) cite les résultats de recherches californiennes visant à dégager le lien entre l'installation de dispositifs de contrôle de la circulation et les améliorations liées à la sécurité. Les chercheurs concluent que les nouveaux dispositifs d'éclairage contribuent à une réduction moyenne de 75 p. 100 du nombre de collisions aux intersections, de 60 p. 100 aux passages à niveau et de 50 p. 100 aux voies d'accès des ponts.
- Ogden (1996) cite des études américaines qui affirment qu'un éclairage accru des routes entraîne une réduction de 41 p. 100 des collisions mortelles, une réduction de 16 p. 100 des collisions avec blessures corporelles et d'un rapport général coûts-avantages de 12 pour 1. L'aménagement de tels dispositifs d'éclairage aux intersections peut contribuer à réduire jusqu'à 75 p. 100 le nombre de collisions.
- On trouvera dans le rapport technique de la International Commission on Illumination (CIE) intitulé « Road Lighting as a Collision Countermeasure (1992) » un résumé détaillé des 62 études de 15 pays différents et qui portent sur le lien entre la qualité de l'éclairage sur les routes et le nombre de collisions. Environ 85 p. 100 des résultats montre que les dispositifs d'éclairage contribue à réduire la fréquence des collisions nocturnes. Les rapports qui comportent des statistiques probantes à cet égard font état, selon la catégorie de la route et le type de collisions, d'une réduction du nombre de collisions qui oscille entre 13 et 75 p. 100.

Résumé : Un éclairage accru des routes constitue un moyen éprouvé d'accroître la sécurité routière, notamment durant la nuit. L'installation de tels dispositifs dans les rues est susceptible de réduire jusqu'à 75 p. 100 le nombre de collisions nocturnes.

3.15 Carrefours giratoires

Les carrefours giratoires actuels sont conçus pour assurer un contrôle de la densité de la circulation aux intersections sans le recours à des panneaux d'arrêt ou des feux de circulation. Il est possible d'attribuer la réduction des collisions consécutives à la conversion des intersections traditionnelles par la version actuels des carrefours giratoires à deux facteurs particuliers, à savoir

1) la réduction de la vitesse des véhicules et 2) l'élimination des risques des collisions attribuables à l'angle de virage. C'est à la fin des années 90 que s'est généralisé l'usage des carrefours giratoires dans certaines régions de l'Amérique du Nord. Plusieurs études concluent que les carrefours giratoires actuels sont plus sécuritaires que les autres méthodes de contrôle de la circulation :

- Persaud et al. (2000) ont réalisé une étude dans le but d'évaluer les changements au chapitre du nombre de collisions impliquant des véhicules automobiles, à la suite du remplacement, à 24 intersections dans huit états américains, de panneaux d'arrêt par des carrefours giratoires servant au contrôle de la circulation. En se fondant sur la procédure empirique de Bayes, on a estimé des réductions particulièrement importantes, soit de 39 p. 100 de tous les types de collisions graves combinés et de 76 p. 100 des collisions avec blessures corporelles. On estime que de tels dispositifs contribuent à réduire de 90 p. 100 le nombre des collisions mortelles et avec blessures qui donnent lieu à des invalidités.
- Le rapport 264 du NCHRP intitulé « Modern Roundabout Practice in the United States » (Jacquemart, 1998) comporte un recueil de statistiques avant-après des collisions survenues à 11 carrefours giratoires aux États-Unis. Les résultats montrent une réduction de 37 p. 100 du nombre total de collisions, de 51 p. 100 des collisions avec blessures corporelles et de 29 p. 100 des collisions avec dommages matériels. On observe des réductions importantes du nombre de collisions aux carrefours giratoires de petite et de moyenne dimension dont le diamètre extérieur est inférieur à 37 mètres.
- Elvik et al. (1997) ont fait une évaluation exhaustive de la documentation; ils concluent que le remplacement des panneaux du type « cédez le passage », des panneaux d'arrêt à deux voies ou des feux de circulation par un carrefour giratoire se traduirait par une réduction de 30 à 40 p. 100 du nombre total de collisions avec blessures. Parallèlement, les carrefours giratoires permettraient de réduire avec une efficacité semblable les collisions impliquant des piétons; on observerait une réduction de 10 à 20 p. 100 du nombre de collisions impliquant des bicyclettes.

- Schoon et van Minnen (1994) ont réalisé une étude aux Pays-Bas qui visait 181 intersections où l'on avait remplacé les panneaux d'arrêt et « cédez le passage » par des carrefours giratoires. Cette mesure a permis de réduire le nombre de collisions de 51 p. 100 et celui du nombre de blessures corporelles de 72 p. 100.
- Troutbeck (1993) a réalisé une étude avant-après à Victoria en Australie. Il estime que l'aménagement de carrefours giratoires à 73 intersections s'est traduit par une réduction de 74. p. 100 du taux de collisions avec blessures corporelles. Par ailleurs, il relève une réduction encore plus appréciable pour les carrefours giratoires aux endroits moins circulés; la réduction demeure toutefois importante dans toutes les catégories.

Résumé : L'aménagement de carrefours giratoires contribue à améliorer la sécurité routière notamment en réduisant de façon appréciable le nombre de collisions causant des blessures corporelles et des décès. Les carrefours giratoires sont susceptibles de réduire jusqu'à 90 p. 100 le nombre de collisions très graves.

3.16 Bandes rugueuses

Les bandes rugueuses sont constitués de motifs surélevés ou rainurés qui se trouvent en bordure au milieu de la route. Ils sont des dispositifs avertisseurs sonores et tactiles qui attirent immédiatement l'attention des conducteurs. Ces dispositifs, présents sur l'accotement, les bandes latérales ou médianes de la route, visent surtout à contrer les conséquences éventuelles de la fatigue ou de l'inattention des conducteurs. C'est au milieu des années 90 que l'on a commencé à aménager des bandes rugueuses en Amérique du Nord; leur utilisation s'est par la suite étendue assez rapidement.



On ne dispose pas encore de données concernant les améliorations à la sécurité qui découlent de l'installation de bandes rugueuses sur la bande médiane. En effet, il s'agit d'applications récentes et d'une utilisation limitée. On trouvera ci-contre un résumé des améliorations à la sécurité consécutives à l'installation de bandes rugueuses sur les bandes en bordure des routes :

- Zein et Rocchi (1999) ont étudié la documentation disponible; ils concluent que l'aménagement de bandes rugueuses aux bandes au bord de la route est susceptible de réduire, en moyenne, de 35 à 60 p. 100 le nombre de collisions consécutives à une sortie de route selon les conditions particulières de l'emplacement. Ils prévoient un rapport avantages-coûts qui oscillent entre 30:1 et 182:1.
- Griffith (1999) a réalisé des évaluations de la sécurité avant-après de projets d'installation de bandes rugueuses aux accotements qui permettent un roulement continu présent sur les routes des zones rurales et urbaines dans les états de l'Illinois et de la Californie. Il formule les conclusions suivantes : en Illinois, les bandes rugueuses des zones rurales réduisent de 21 p. 100 le nombre de collisions impliquant la sortie de route d'un seul véhicule; en Californie, si l'on combine les données relatives aux zones urbaines et rurales, ces dispositifs réduisent de 7 p. 100 ce même type de collisions.
- Harwood (1993) a dressé un bilan de l'expérience américaine dans ce domaine; il conclut que l'aménagement de bandes rugueuses, à des intervalles constants et sur des tronçons routiers prolongés, entraîne de façon générale une réduction minimale de 20 p. 100 du nombre de collisions consécutives à une sortie de route. En ce qui concerne les autoroutes auxquelles sont rattachées des conditions de conduite particulièrement monotones, notamment les routes des régions désertiques, on observe une réduction d'environ 50 p. 100 du nombre de ce type de collisions.
- Le County Surveyor's Society (1989) du Royaume-Uni conclut que l'installation des bandes rugueuses à proximité des accotements des routes se traduit par une réduction de 37 p. 100 du nombre total de collisions au cours d'un intervalle de trois ans. Par ailleurs, il estime que ces dispositifs ont contribué à réduire de 76 p. 100 le nombre de véhicules qui ont effectué une sortie de route.

Résumé : Les bandes rugueuses, à titre de mesure préventive dans le domaine de la sécurité routière, peuvent contribuer à réduire jusqu'à 76 p. 100 la fréquence des collisions consécutives à une sortie de route.

3.17 Estimations des améliorations liées à la sécurité routière à l'échelle nationale

Au DIAGRAMME 3.1, les 16 mesures préventives d'ingénierie de la sécurité routière sont présentées de même que leur date d'acceptation et leur taux tendanciel de mortalité au Canada.

Les améliorations d'ingénierie de la sécurité routière mises en œuvre au milieu des années 70 ont sans doute contribué à une réduction constante des taux de mortalité observés depuis la fin des années 70.

La documentation actuelle ne comporte pas d'estimation du nombre total de vies sauvées (ou du nombre de collisions évitées) à l'échelle nationale et qui sont attribuables aux améliorations d'ingénierie qui visent à rendre les routes plus sécuritaires.

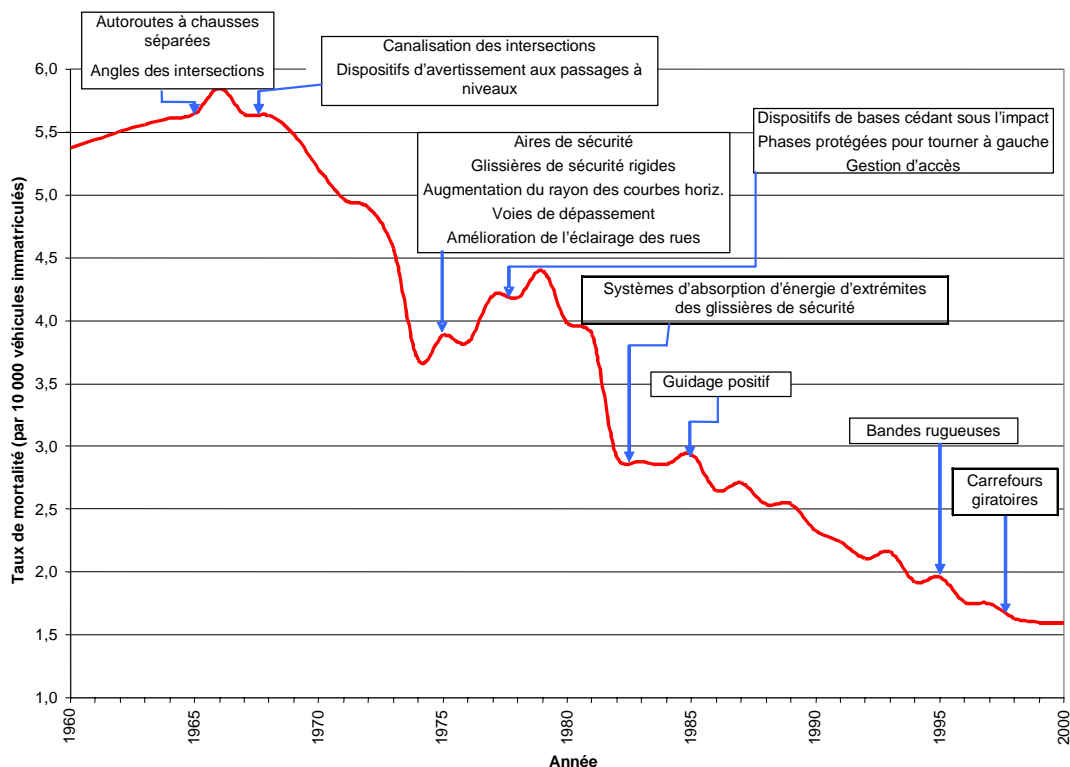


DIAGRAMME 3.1 RAPPORT ENTRE LES MESURES PRÉVENTIVES D'INGÉNIERIE DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET LE TAUX DE MORTALITÉ AU CANADA

Règle générale, les améliorations d'ingénierie font l'objet d'une mise en place graduelle par les différents gouvernements et dans les différentes régions géographiques. Il est toutefois rare que ces améliorations donnent lieu à des études évaluatives (qui dépassent le cadre d'évaluation local et/ou d'un projet particulier parfois mis de l'avant).

L'année 1979 a été la plus meurtrière au Canada puisqu'on recense pour cette année seulement 5 800 décès à la suite d'accidents de la circulation. Depuis, nous avons réussi à réduire progressivement le nombre de collisions mortelles. En l'an 2000, un peu plus 2 900 personnes ont perdu la vie dans des collisions mortelles, une réduction qui est attribuable à divers facteurs, notamment la conception de routes et de véhicules plus sécuritaires, une application plus efficace de la loi, des efforts de sensibilisation accrus et des facteurs d'ordre macro-économique.

Si l'on compare ces données au nombre de décès enregistrés en 1979, on estime qu'on a réussi, entre 1979 et l'an 2000, à sauver près de 42 000 vies grâce aux effets combinés des facteurs précités. Il s'agit sans doute d'une estimation prudente. Nous pouvons néanmoins affirmer, à la lumière du taux de mortalité de 1979, que de nombreuses vies ont été sauvées. Il est cependant peu probable que le taux de mortalité de 1979 (de 4,4 décès par 10 000 véhicules) serait demeuré constant dans le contexte d'une urbanisation croissante et d'une congestion accrue du réseau routier (le taux de mortalité pour l'an 2000 est de 1,6).

On estime avoir sauvé environ 16 000 vies entre 1982 et l'an 2000, une situation surtout attribuable aux efforts de sensibilisation et à ceux investis dans l'amélioration des véhicules et une application réglementaire plus efficace (consulter la section 3.18 et le TABLEAU 3.4 pour plus détails à ce sujet). Nous pouvons estimer le nombre de vies sauvées jusqu'à 20 000, pour la période allant de 1979 à l'an 2000, si l'on tient compte des initiatives dans d'autres domaines que celui de l'ingénierie et qui ne sont donc pas visées par le tableau précité.

En conséquence, l'application des facteurs macro-économiques et des améliorations d'ingénierie a permis de sauver environ 22 000 vies. Nous pouvons, sans exagérer, sans doute attribuer la moitié de ces vies sauvées (qui s'élève à 11 000 pour la période entre 1979 et l'an 2000) aux améliorations d'ingénierie apportées au réseau routier et l'autre moitié aux conditions macro-économiques, en particulier la réduction du nombre de déplacements lors des périodes de récession graves au début des années 80 et 90.

La documentation américaine (www.saferoadsforamerica.org) confirme l'ampleur d'une telle donnée (soit 11 000 sauvées consécutives à la prise de mesures d'ingénierie) puisqu'on y précise que, chaque année, ces améliorations relativement peu coûteuses contribuent à sauver 5 500 vies et à éviter 250 000 blessures corporelles.

Si l'on applique un facteur approximatif de 1:10 pour représenter les conditions qui prévalent au Canada et l'on suppose que ces « gains » ont en moyenne augmenté au cours de l'intervalle qui s'étend entre 1979 et l'an 2000, on peut alors affirmer que les améliorations d'ingénierie ont permis de sauver 11 000 vies et d'éviter environ 500 000 blessures corporelles au Canada.

Nous ne disposons pas d'informations concernant la distribution de ces gains ou avantages à l'échelle nationale selon le type de mesures d'ingénierie. Par ailleurs, nous croyons que ce sont sans doute les huit mesures préventives ci-dessous qui, dans la plupart des cas, ont contribué à sauver des vies et à prévenir les blessures :

1. Autoroutes à chaussées séparées
2. Canalisation des intersections
3. Élargissement des aires de sécurité
4. Dispositifs de bases cédant sous l'impact
5. Systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité
6. Phases protégées pour tourner à gauche
7. Glissières de sécurité rigides
8. Augmentation du rayon des courbes horizontales

Il s'agit des mesures choisies qui ont été jugées les plus efficaces compte tenu de leur haut taux d'acceptation et d'utilisation à l'échelle nationale, d'une part, et, d'autre part, de leur contribution éprouvée à réduire la fréquence et/ou

la gravité des collisions qui surviennent peu importe les conditions de luminosité, météorologiques et topographiques. Il faudra réaliser des recherches beaucoup plus approfondies pour être en mesure de quantifier les macro-effets cumulatifs de chacune des mesures préventives d'ingénierie de la sécurité routière.

3.18 Aperçu des autres mesures préventives en sécurité routière

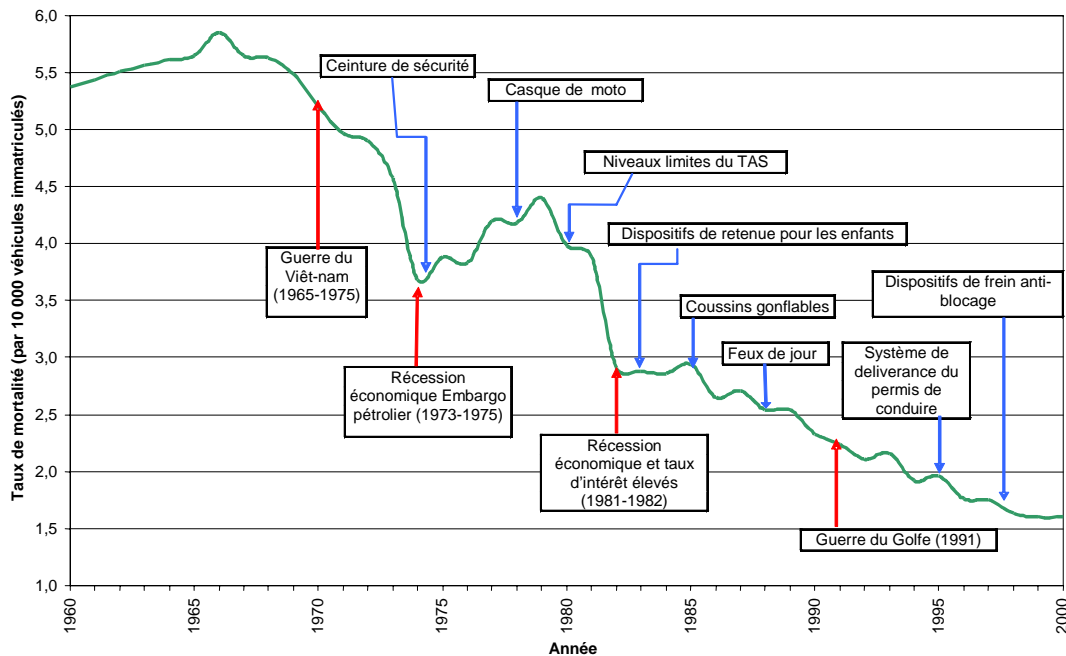
La sécurité routière comporte cinq volets, à savoir la législation, la réglementation, l'application, la sensibilisation et l'ingénierie. Les trois derniers volets font partie intégrante de tout programme efficace de sécurité routière. Les mesures préventives d'ingénierie qui visent à rendre les routes plus sécuritaires intègrent les initiatives consacrées à l'amélioration des routes et des véhicules. La présente étude s'intéresse aux principales initiatives d'ingénierie de la sécurité routière mises de l'avant au cours de 40 dernières années.

On trouvera ci-dessous des exemples de mesures préventives mises en œuvre en Amérique du Nord depuis les années 60 :

- le port obligatoire de la ceinture de sécurité;
- l'utilisation obligatoire des dispositifs de retenue pour les enfants;
- le port obligatoire des casques pour les motocyclistes;
- l'imposition d'un taux d'alcoolémie sanguin (TAS) limite comme critère définitoire de la conduite en état d'ébriété;
- l'intégration d'un système de délivrance des permis de conduire;
- l'utilisation des coussins gonflables dans les habitacles;
- l'utilisation de dispositifs de frein anti-blocage.

Par ailleurs, les conditions macro-économiques et les facteurs globaux ont une influence sur la sécurité routière. À titre d'exemple, durant les guerres et les récessions économiques, on observe une diminution du nombre de déplacements et, ce faisant, une réduction des risques de collisions.

Le DIAGRAMME 3.2 présente le taux de mortalité tendanciel au Canada ainsi que certaines mesures de référence citées dans le présent document.



Nota : Hamilton Associates a fait une estimation du taux de mortalité entre 1960 et 1975.

DIAGRAMME 3.2 RAPPORT ENTRE LE TAUX DE MORTALITÉ SUR LES ROUTES CANADIENNES ET LES INTERVENTIONS D'INGÉNIERIE QUI NE VISENT PAS LE RÉSEAU ROUTIER

Le TABLEAU 3.4 présente une estimation du nombre de vies sauvées attribuables à la mise en œuvre d'améliorations qui ne portent pas sur la sécurité routière.

Plusieurs pays ont fait et poursuivent toujours des recherches dans le but d'évaluer les avantages qui découlent des améliorations d'ingénierie apportés au réseau routier, à la construction de véhicules plus sécuritaires, à une application plus efficace de la loi et à la mise en œuvre de programmes de sensibilisation. Dans le document concernant la stratégie au Royaume-Uni pour accroître la sécurité routière (2000), on avance l'idée que les programmes d'ingénierie en sécurité routière contribueraient à réduire de 7,7 p. 100 le nombre de collisions mortelles et avec blessures graves comparativement à une réduction de 8,6 p. 100 en ce qui concerne les initiatives axées sur la sécurité routière.

**TABLEAU 3.4 ESTIMATION DU NOMBRE DE VIES SAUVÉES
CONSÉCUTIVES À LA MISE EN ŒUVRE D'AMÉLIORATIONS
D'INGÉNIERIE QUI NE PORTENT PAS SUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE**

AMÉLIORATION (AU PLAN DE LA SÉCURITÉ)	PÉRIODE	NOMBRE DE VIES SAUVÉES AU CANADA	NOTES	SOURCE
Ceintures de sécurité	De 1990 à 2000	11 700	Conducteur et occupant du siège avant	Transports Canada
Coussins gonflables	De 1990 à 2000	310		
Lois qui régissent le taux d'alcoolémie sanguin (TAS) limite	De 1987 à 2000	3 700	Estimation à partir du nombre de décès attribuables à la conduite en état d'ébriété	
Dispositifs de retenue pour les enfants	De 1982 à 1996	270	Estimation à partir de sources américaines	NHTSA

Allsop a indiqué, dans un document distinct qu'il a présenté en l'an 2000 à la conférence consacrée à la recherche, aux politiques et aux activités de sensibilisation dans ce domaine, que l'absence de toute mesure visant à réduire l'ampleur du problème de l'alcool au volant au Royaume-Uni se serait traduite par une hausse de 10,6 p. 100 du nombre de collisions mortelles ou de blessures corporelles graves. Par ailleurs, on aurait enregistré une hausse de 6,5 p. 100 dans le cas des initiatives d'ingénierie en sécurité routière et de 14,7 p. 100 pour les dispositifs de sécurité des véhicules. On poursuit présentement d'autres recherches du même genre en Nouvelle-Zélande et aux États-Unis.

Dans l'ensemble, les résultats des recherche confirment l'affirmation selon laquelle les initiatives d'ingénierie, tout comme les programmes qui visent les véhicules, la sensibilisation et l'application de la loi, entraînent des gains importants et mesurables au chapitre de la réduction du nombre d'accidents mortels.

ANNEXE A

MODÈLE DU FORMULAIRE D'ENQUÊTE

Experts-conseils en
ingénierie et en
planification

9e étage
1199, West Hastings
Vancouver
(Colombie-Britannique)
Canada V6E 3T5

Téléphone : (604) 684 4488
Télec. : (604) 684 5908
office@gdhamilton.com
www.gdhamilton.com



Le 27 septembre 2002

Objet : Évaluation des améliorations d'ingénierie en vue d'accroître la sécurité routière

Aux professionnels en génie du secteur des transports,

ISO 9001 Registered
Quality Assured

Transports Canada poursuit présentement une étude qui vise à déterminer les mesures préventives de « référence » en sécurité routière qui se sont révélées les plus efficaces au cours des 40 dernières années. La société Hamilton Associates coordonne, au nom de Transports Canada, la présente étude qui poursuit les objectifs suivants :

1. relever les améliorations d'ingénierie de la sécurité routière qui ont le plus contribué à réduire la fréquence et la gravité des collisions au cours de cet intervalle;
2. préciser, en termes généraux, la date à laquelle ces améliorations ont reçu une acceptation universelle;
3. quantifier les gains qui découlent de la prise des mesures préventives de référence qui visent à accroître la sécurité routière.

Aux fins de la présente étude, on a sollicité la participation de 65 experts choisis du secteur de l'ingénierie routière en Amérique du Nord. Ils ont évalué, de manière qualitative, l'efficacité des différentes améliorations visant à rendre le réseau routier plus sécuritaire.

Dix minutes vous suffiront pour répondre au formulaire d'enquête ci-joint. En ce qui concerne les trois tableaux annexés, nous vous demandons, en faisant simplement appel à votre jugement et à vos connaissances, de cocher la réponse choisie dans la colonne pertinente adjacente à chacune des améliorations liées à la sécurité routière et de préciser dans quelle mesure elles contribuent à réduire la fréquence et la gravité des collisions. Pour ce qui est des améliorations dont vous jugerez l'efficacité « élevée » ou « très élevée », nous vous prions d'en préciser la date approximative d'acceptation universelle. Une fois les trois tableaux remplis, nous vous prions de nous les expédier aux coordonnées suivantes :

Par courriel : szein@gdhamilton.com

Ou par télécopieur : (604) 684-5908

Vous avez jusqu'au vendredi 11 octobre 2002 pour nous les faire parvenir. Nous expédierons à toutes les personnes qui respecteront la date limite une copie gratuite du rapport d'étude lorsque celui-ci sera terminé. Pour toute question concernant l'enquête, nous vous invitons à joindre M. Sany R. Zein de la société Zein of Hamilton Associates, au (604) 684-4488 ou Mme Leanna Belluz de Transports Canada, au (613) 998-1943. Nous vous remercions de votre participation et de vos commentaires.

Je vous prie de recevoir mes sincères salutations.

G.D. HAMILTON ASSOCIATES CONSULTING LTD.

par : Sany R. Zein, M.Eng., P.Eng.
Vice-président, secteur des transports

ÉVALUATION DES MESURES DE RÉFÉRENCE EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE
TABLEAU 1 DE 3

MESURE DE RÉFÉRENCE		L'EFFICACITÉ À RÉDUIRE LES RISQUES DE COLLISIONS (leur fréquence et/ou leur gravité)				DATE D'ACCEPTATION UNIVERSELLE APPROXIMATIVE *
N°	DESCRIPTION	Très élevée	Élevée	Modérée	Faible	
1	Aménagement de canalisation des intersections (voies exclusives pour le virage à gauche et à droite)					
2	Limitation de l'angle d'intersection jusqu'à 70 ou plus					
3	Aménagement de voies de dégagement à gauche dans les deux sens le long des artères					
4	Aménagement d'aires de sécurité élargies le long des autoroutes et des routes					
5	Aménagement d'autoroutes à chaussées séparées					
6	Aménagement de voies élargies					
7	Aménagement de talus élargis					
8	Conception en fonction de la distance de visibilité et du temps de réaction					
9	Augmentation du rayon des courbes horizontales					
10	Amélioration des dévers					
11	Aménagement de voies de dépassement le long des autoroutes à deux voies					
12	Aménagement de voies pour véhicules lents le long des autoroutes en montagne					
13	Aménagement de voies de rétrécissement plus longues					
14	Aménagement de routes ou de rampes de dégagement pour camions					
15	Aménagements d'aires de repos					

*Uniquement pour les mesures de référence que vous avez classées comme « élevée » ou « très élevée ». Utiliser des termes généraux tels que « milieu des années 60 » ou « fin des années 70 ».

ÉVALUATION DES MESURES DE RÉFÉRENCE EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE
TABLEAU 2 DE 3

MESURES DE RÉFÉRENCE		EFFICACITÉ À RÉDUIRE LES RISQUES DE COLLISIONS (leur fréquence et/ou leur gravité)				DATE D'ACCEPTATION UNIVERSELLE APPROXIMATIVE*
N°	DESCRIPTION	Très élevée	Élevée	Modérée	Faible	
16	Chaussée à friction élevée / à enrobé ouvert					
17	Aménagement de glissières de sécurité rigides (médianes ou au bord de la route)					
18	Installation de systèmes d'absorption d'énergie d'extrémités des glissières de sécurité					
19	Installation de dispositifs de bases cédant sous l'impact (lampadaires et supports des panneaux de signalisation)					
20	Installation des bandes rugueuses (bandes latérales ou médianes)					
21	Mise en place de dispositifs de gestion d'accès le long des routes (voies de desserte, fin des entrées des propriétés / relocalisations)					
22	Interdiction de stationner le long des artères					
23	Aménagement de phases protégées de virage à gauche aux intersections avec signalisation					
24	Aménagement de phases feux rouges aux intersections avec signalisation					
25	Installation de signalisation progressive le long des routes					
26	Mise en place de systèmes de transport intelligents le long des routes					
27	Installation d'avertissement aux passages à niveaux (barrières et feux)					
28	Installation de feux avertisseurs clignotants avancés près des voies d'accès aux intersections avec signalisation					
29	Installation de feux aériens aux intersections sans signalisation					
30	Installation de panneaux de signalisation plus visibles (d'un mètre, feux latéraux à gauche/droite, feux visibles de l'autre voie, avec plaque arrière et de type DEL)					

*Uniquement pour les mesures de référence que vous avez classées comme « élevée » ou « très élevée ». Utiliser des termes généraux tels que « milieu des années 60 » ou « fin des années 70 ».

ÉVALUATION DES MESURES DE RÉFÉRENCE EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE
TABLEAU 3 DE 3

MODÈLE DE RÉFÉRENCE		EFFICACITÉ À RÉDUIRE LES RISQUES DE COLLISIONS (leur fréquence et/ou leur gravité)				DATE D'ACCEPTATION UNIVERSELLE APPROXIMATIVE**
N°	DESCRIPTION	Très élevée	Élevée	Modérée	Faible	
31	Installation de carrefours giratoires pour assurer le contrôle de la circulation aux intersections					
32	Installation de panneaux portant le nom des rues plus larges					
33	Installation de dispositifs de guidage positifs aux voies d'accès qui exigent la prise de décisions complexes					
34	Installation de panneaux de signalisation plus larges					
35	Installation de marquage au sol pour les virages guidés					
36	Installation de signalisation fabriquée d'un revêtement hautement réfléchissant					
37	Installation de signalisation fabriquée d'un revêtement hautement réfléchissant					
38	Aménagement de dispositifs d'apaisement de la circulation dans les quartiers résidentiels					
39	Aménagements pour les usagers de la route vulnérables (trottoirs adaptés, panneaux de traverse pour les piétons avec ou sans avertisseur sonore, voies élargies en bordure de route qui permettent la circulation à vélo)					
40	Mise en place de stratégies de gestion de la demande de circulation					
41	Amélioration de l'éclairage					
42	Autre - veuillez préciser :					
43	Autre - veuillez préciser :					

*Uniquement pour les mesures de référence que vous avez classées comme « élevée » ou « très élevée ». Utiliser des termes généraux tels que « milieu des années 60 » ou « fin des années 70 ».

ANNEXE B

EXPERTS QUI ONT RÉPONDU À L'ENQUÊTE

ANNEXE B

LISTE DES EXPERTS QUI ONT RÉPONDU À L'ENQUÊTE

Représentants du gouvernement fédéral

Doug Bowron, Transports Canada

Ralph Jones, Transports Canada

Randy Sanderson, Transports Canada

Représentants des gouvernements provinciaux

Eric Christiansen, Transports du Manitoba

Peter Cooper, Insurance Corporation of British Columbia

Paul Hunt, ministère de la Voirie et des Transports de la Saskatchewan

Allan Kwan, ministère des Transports de l'Alberta

Paul Smith, Nova Scotia Transportation and Highways

Représentants des administrations municipales

Ian Adam, Ville de Vancouver

Dave Banks, Municipalité régionale de Waterloo

Gord Cebryk, Ville d'Edmonton

Luis Escobar, Ville de Winnipeg

Steve Kodama, Ville de Toronto

Chi Lee, Ville de Red Deer

Cam Nelson, Ville de Calgary

Secteur universitaire

Dr Alan Clayton, Université du Manitoba

Dr Frank Navin, Université de la Colombie-Britannique

Dr Bhagwant Persaud, Université Ryerson

Experts-conseils

Merv Clark, EBA Engineering

Dr Paul de Leur

Gerry Forbes, Intus Road Safety Engineering Inc.

Dave Wilson, National Capital Engineering

Retraité

Dr John Morrall (anciennement de l'Université de Calgary)

États-Unis

Michael Baglio, Pennsylvania Department of Transportation

Ray Krammes, Federal Highway Administration

Dr Martin Lipinski, Université de Memphis

ANNEXE C
BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE C

BIBLIOGRAPHIE

AASHO (1967), "Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety," A Report of the Special AASHO Traffic Safety Committee, 71 pp.

AASHTO (1996), "Roadside Design Guide—Chapter 5," American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

Alexander, G. (2001), "Positive Guidance in Maryland: Chapter 2—Positive Guidance Principles," Positive Guidance Applications, Inc.

Bauer, K.M. and Harwood, D.W. (2000), "Statistical Models of At-grade Intersection Collisions—Addendum," Federal Highway Administration, Office of Safety and Traffic Operations Research and Development, Report No. FHWA-RD-99-094, Washington, D.C.

Bissell, H. et al. (1983) "Roadway Cross Section and Alignment," Public Roads Vol 46, No.4.

Brown, H.C. and Tarko, A.P. (1999), "The Effects of Access Control on Safety on Urban Arterial Streets," presented at the Transportation Research Board Annual Conference, Washington, D.C.

BTS (2002), "National Transportation Statistics 2001," U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Washington, D.C.

CIE (1992), "Road Lighting as an Collision Countermeasure," International Commission on Illumination, Publication No. CIE-93-1992, 122 pp.

Cirillo, J.A. (1999), "Roadside Safety," in *The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety*, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., pp 135-145.

Cirillo, J.A. and Council, F.M. (1986), "Highway Safety: Twenty Years Later," *Transportation Research Record 1068*, Washington, D.C., pp. 90-95

Council, F. and Stewart, R. (1999), "Safety Effects of the Conversion of Rural Two-Lane Roadways to Four-Lane Roadways," Federal Highway Administration, Highway Safety Information System, Summary Report.

County Surveyor's Society (1989), "Carriageway Definition," CSS, Ipswich, UK.
Cunard, R.A. (1999), "Traffic Control Devices: Signs," in *The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety*, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., pp 47-56.

Elvik, R. (1995), "The Safety Value of Guardrails and Crash Cushions: A Meta-Analysis of Evidence from Evaluation Studies," *Collision Analysis and Prevention*, Vol. 27, No. 4, pp. 523-534.

Forbes, G. (2003), "Synthesis of Safety for Traffic Operations," Intus Road Safety Engineering Inc. for Transport Canada, Brantford, Ontario.

Friedman, B.E. (chair) (1982), "Left-Turn Phase Design in Florida—Report of the Florida Section," *ITE Journal*, Washington, D.C., September, pp 28-35.

Gattis, J.L. (1996), "Comparison of Delay and Collisions on Three Roadway Access Designs in a Small City," Conference Proceedings, 2nd National Access Management Conference, Vail, Colorado.

Gluck, J. and Levinson, H.S. (2000), "Overview of NCHRP Project 3-52: Impact of Access Management Techniques," 4th National Conference on Access Management, Portland, Oregon.

Griffin, L. I. (1984), "How Effective are Crash Cushions in Reducing Death and Injury?," *Public Roads*, Vol. 47, No. 4, March, pp 132-134.

Griffith, M. (1999), "Safety Evaluation of Rolled-in Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways," HSIS Summary Report, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-00-032.

Harwood, G.W. (1993), "Use of Rumble Strips to Enhance Safety," *Synthesis of Highway Practice 191*, National Cooperative Highway Research Program.

Harwood, D.W., Bauer, K.M., Potts, I.B., Torbic, D.J., Richard, K.R., Kohlman Rabbani, E.R., Hauer, E., and Elefteriadou, L. (2002), "Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right-Turn Lanes," Federal Highway Administration Report Number FHWA-RD-02-089.

Hasson, P. and Lutkevich, P. (2002), "Roadway Lighting Revisited," *Public Roads*, Vol. 65, No.6, May/June, pp. 32-36.

Hauer, E. (1999), "Safety and the Choice of Degree of Curve," presented at the Transportation Research Board Annual Conference, Washington, D.C.

Hopp, J.A. (1998), "In-Service Performance Evaluation of Traffic Barriers: Literature Review," National Cooperative Highway Research Program Project 22-13(2), Washington, D.C.

Huang, H.F., Schneider, R.J., Zegeer, C.V., Khattak, A.J., and Lacy, K. (2002), "Analysis of serious Crashes and Potential Countermeasures on North Carolina Highways," presented at the Transportation Research Board annual conference, Paper No. 02-2706.

Huang, H.F., Schneider, R.J., Zegeer, C.V., Khattak, A.J., Amerlynck, V.J., and Lacy, K. (2001), "Identification of Severe Crash Factors and Countermeasures in North Carolina," University of North Carolina Highway Safety Research Center, Report No. FHWA-NC-2001-003, 133 pp.

ITE (1999), "Traffic Engineering Handbook," Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C.

Jacquemart, G. (1998), "Modern Roundabout Practice in the United States," *Synthesis of Highway Practice 164*, National Cooperative Highway Research Program.

Jencks, F. (1992), "Research Predicts Low-Maintenance Attenuator Performance," *TR News*, Vol. 163, Transportation Research Board, Washington, D.C., pp. 20-21.

Karl-Olov, H. (1989), "Road Design and Safety," Proceedings of the Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents, Sweden, pp 226-238.

Kuciemba, S. R. and Cirillo, J. A. (1991), "Safety Effectiveness of Highway Design Features: Volume V—Intersections," Federal Highway Administration Report Number FHWA-RD-91-048.

Lamm, R, Psarianos, B, and Mailaender, T., "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook", McGraw-Hill, 1999.

Liu, L.M.C. and Leeming, D.G. (1996), "Effect of Road and Traffic Characteristics on Collisions Involving Heavy Goods Vehicles," in *Truck Safety: Perceptions and Reality*, Institute for Risk Research, University of Waterloo, Ontario, pp 319-340.

Mak, K.K. and Sicking, D.L. (1990), "Rollover Caused by Concrete Safety-Shaped Barrier," *Transportation Research Record 1258*, Washington, D.C., pp 71-81.

Mak, K.K. and Mason, R.L. (1980), “Accident Analysis—Breakaway and non-Breakaway Poles Including Sign and Light Standards Along Highways,” Federal Highway Administration and National Highway Traffic Safety Administration, Report No.DOT-HS-805-604 and 605.

McGinnis, R.G. (2001), “Strategic Plan for Improving Roadside Safety,” NCHRP Web Document 33 (Project G17-13), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

McGuirk, W.K. (1973), “Evaluation of Factors Influencing Driveway Collisions,” Report of the Joint Highway Research Project, Purdue University.

Montufar, J. (2002), “Applying GIS-T for Heavy Truck Safety Analysis,” *ITE Journal*, Washington, D.C., pp 44-48.

Neuman, T.R. (1999), “Geometric Design: Urban Intersections,” in *The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety*, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., pp 123-134.

Noyce, D.; Fambro, D.; and Kacir, K. (2000), “Traffic Characteristics of Protected/Permitted Left-Turn Signal Display,” presented at the Transportation Research Board annual conference, Washington, D.C., Paper No. 00-1699.

Ogden, K.W. (1996), “Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering,” Avebury Technical, Ashgate Publishing Limited, England, 516 pp.

Ogden, K.W. and Pearson, R.A. (1991), “A Review of Road and Traffic Factors in Truck Collisions: Australian Truck Safety Study Task 1,” Australian Road Research Board, Victoria.

Olivarez, D. (1988), “The 30-foot Clear Zone Concept—A Guide, Not a Standard,” technical note in *ITE Journal*, September issue, Washington, D.C. pp 45-46.

Pak-Poy and Kneebone Ltd. (1988), “Road Safety Benefits from Rural Road Improvements,” Federal Office of Road Safety, Report No. CR71, Canberra.

Persaud, B.N.; Retting R.A.; Garder, P.E.; and Lord D. (2000), “Crash Reduction Following Installation of Roundabouts in the United States,” Insurance Institute for Highway Safety.

Pinnell, C.; Mason, J. M.; Berg, W. D.; Coleman, J. A.; and Rosenbaum, M. J. (1982), “Chapter 13: Railroad-Highway Grade Crossings,” in *Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements*, Vol. 2, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-TS-82-233, Washington, D.C.

Preston, H. (2000), “Statistical Relationship between Vehicular Crashes and Highways,” 4th National Access Management Conference, Portland, Oregon.

Proctor, S. (1995), “The Relationship between Loss-of-Control Collisions and Impact Protection Standards: A Case Study,” *Traffic Engineering and Control*, June, pp. 354-355.

Royer, D. (1999), “Tougher Rules for Guardrail Ends and Four Designs that Meet Them,” in *Tech Transfer*, University of California Institute of Transportation Studies, pp. 14-15.

Sanderson, R. (1996), “Canadian Road Safety and Public Highway Infrastructure,” special infrastructure project, Transport Canada, Report No. TP-12801E.

Schoon, C. and J. van Minnen (1994), “The Safety of Roundabouts in the Netherlands,” SWOV Institute for Road Safety Research, Traffic Engineering and Control.

Sayed, T. et al. (1998) “Advance Warning Flashers: Do They Improve Safety.”

Shebeeb, O. (1995), “Safety and Efficiency for Exclusive Left-Turn Lanes at Signalized Intersections,” *ITE Journal*, July, pp. 52-54.

Southeast Michigan Council of Governments (1997), “SEMCOG Traffic Safety Manual,” Second edition, September.

Staplin, L., Lococo, K., Byington, S., and Harkey, D. (2001), “Highway Design Handbook for Older Drivers and Pedestrians,” U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-RD-01-103.

Stover, V.G. and Koepke, F.J. (2000), “An Introduction to Access Management: A Comprehensive Overview of the Practice,” Workshop at the 4th National Access Management Conference, Portland, Oregon.

Stover, V.G.; Tignor, S.C.; and Rosenbaum, M. (1982), “Chapter 4: Access Control and Driveways,” in Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements, Vol. 1, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-TS-82-232, Washington, D.C.

TAC (1999). “Geometric Design Guide for Canadian Roads”.

Tardif, L. P. (1999), "Highway Infrastructure and Opportunities for Reductions of Greenhouse Gas Emissions," Transportation Table National Climate Change Program, Transport Canada.

Tignor, S. C. (1999), "Traffic Control Devices: Overview," in *The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety*, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., pp 39-46.

Tignor, S. C.; Brinkman, C. P.; Mason, J. M.; and Mounce, J. M. (1982), "Chapter 3: Roadside Features," in *Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements*, Vol. 1, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-TS-82-232, Washington, D.C.

Texas Transportation Institute (2001), "Expanding the Safety Performance of Guardrail End Treatments," *Texas Transportation Researcher*, Vol. 37, No. 3, College Station.

Troutbeck, R.J. (1993), "Capacity and Design of Roundabout in Australia" *Transportation Research Record 1398*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. pp. 68-74.

Walker, R. (1993), "Coordination of Basic Intersection Design Elements: An Overview," *Transportation Research Record* No. 1385, TRB, National Research Council, pp. 51-53.

Ward, H. (1992), "Evaluation of Engineering Countermeasures Used in Road Collision Remedial Work," Center for Transport Studies, University College, London, 23 pp.

Wilken, D.; Ananthanarayanan, B.; Hasson, P.; Lutkevich, P.J., Watson, C.P.; Burkett, K.; Arens, J.; Havard, J.; and Unick, J. (2001), "European Road Lighting Technologies," Federal Highway Administration, Office of International Programs, Washington, D.C., Report No. FHWA-PL-01-034, 80 pp.

Zein, S. and Rocchi, S, "Traffic Safety Barriers and Rumble Strips: Overview of the Potential for System-Wide Implementation", Hamilton Associates for the Insurance Corporation of British Columbia, Vancouver, BC, 1999.