

2m 11.2843.8

Université de Montréal

La simulation de conduite : méthode prédictive de la vitesse adoptée sur la route
par de jeunes conducteurs masculins

par

Marie Claude Ouimet

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.)
en psychologie (option psychophysiologie et ergonomie)

mars 2000

© Marie Claude Ouimet, 2000



BF
22
U54
2000
v.026

Université de Montréal

La simulation de certains : résultats prédictifs de la vitesse sélective sur la route
par de jeunes conducteurs masculins

par

Martin Claude Guinot

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures

en vue de l'obtention du grade de

Maître en sciences (M.Sc.)

en psychologie (option psychologie et ergonomie)

mars 2000

Martin Claude Guinot (M.Sc.)



Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

La simulation de conduite : méthode prédictive de la vitesse adoptée sur la route
par de jeunes conducteurs masculins

présenté par

Marie Claude Ouimet

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Jean-Pierre Blondin, président-rapporteur

Sonia Lupien, membre du jury

Jacques Bergeron, directeur de recherche

Mémoire accepté le : 23 octobre 2000

Sommaire

L'excès de vitesse est le comportement routier à risque le plus répandu à travers le monde, tel que le démontrent le nombre de contraventions émises, l'observation systématique de la vitesse adoptée sur la route et les réponses aux questionnaires complétés dans le cadre d'études diverses en sécurité routière. Il est reconnu que les conducteurs qui excèdent les limites de vitesse commettent généralement d'autres types d'infractions routières. De plus, la conduite à une vitesse élevée entraîne plusieurs accidents graves ou mortels, particulièrement chez les jeunes conducteurs masculins âgés de 19 ans et moins. Ces faits suggèrent que la vitesse adoptée sur la route par les conducteurs constitue un bon indice de leur tendance à prendre des risques au volant.

Bien que les statistiques démontrent que les jeunes conducteurs masculins sont les plus à risque de conduire à une vitesse élevée et d'en subir les conséquences, il n'en demeure pas moins que seule une minorité d'entre eux prend des risques au volant ou est impliquée dans des accidents. Une méthode de prédiction de la vitesse à laquelle ils circulent habituellement permettrait de cibler ceux dont la propension à conduire à une vitesse élevée est manifeste.

Cette étude propose la simulation de conduite en tant que méthode de prédiction de la vitesse adoptée sur la route. Cependant, pour être utilisée à cette fin, la simulation de conduite doit d'abord être validée avec les comportements manifestés en situation réelle. Pour ce faire, une méthode de validation simple est proposée. Cette méthode met l'accent sur la correspondance entre la vitesse adoptée à des sites spécifiques sur la route et dans le simulateur de conduite de l'Université de Montréal.

Les résultats obtenus démontrent que la vitesse adoptée en simulation de conduite par 20 jeunes conducteurs masculins âgés de 19 ans permet d'expliquer 47 % de la variance de la vitesse à laquelle ils ont circulé pendant le test routier. D'ailleurs, la vitesse des jeunes conducteurs pendant ce test semble représentative de la vitesse qu'ils adoptent habituellement. Malgré ces résultats prometteurs, le potentiel de la simulation de conduite dans la prédiction de comportements routiers à risque doit être mesuré dans un contexte de prévention, afin de vérifier si les résultats obtenus dans un contexte de recherche peuvent être reproduits.

Un but sous-jacent à cette étude consistait à évaluer une méthode simplifiée de validation des simulateurs destinés à la prédiction d'un comportement routier à risque. Les résultats démontrent qu'il n'est pas nécessaire de reproduire avec exactitude tous les éléments de la réalité routière afin de bien prédire la vitesse à laquelle de jeunes conducteurs masculins circulent sur la route. Cependant, d'autres études doivent identifier les éléments de la simulation de conduite essentiels à la manifestation des comportements de vitesse habituels des conducteurs.

Table des matières

Sommaire	iii
Tables des matières	v
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vii
Remerciements	viii
Avant-propos	ix
Introduction	1
Article : Screening for high-risk drivers: Does speed on a driving simulator predict speed on the road among young male drivers?	21
Abstract	21
Introduction	22
Method	26
Results	29
Discussion	30
References	35
Tables	39
Figures	41
Discussion	43
Conclusion	51
Références	52
Appendice A : Affiche de recrutement des participants	58
Appendice B : Formulaire de consentement et questionnaires	60
Appendice C : Carte du trajet routier et grille des sites spécifiques	67
Appendice D : Consignes verbales données aux participants pendant le test routier et le test en simulation de conduite	70

Liste des tableaux

Table 1.	Means and standard deviations of driving characteristics (N = 20)	39
Table 2.	Participants' (N = 20) speeds on the road and on the simulator	40

Liste des figures

Figure 1a.	Scatter plot of site speed on the road (km/h) versus site speed on the simulator (km/h)	41
Figure 1b.	Scatter plot of site speed on the road (km/h) versus mean speed on the simulator (km/h)	42

Remerciements

Ce mémoire de maîtrise a nécessité l'aide précieuse de plusieurs personnes. L'auteure aimerait exprimer sa reconnaissance à son directeur de recherche, Jacques Bergeron, Ph.D., pour son soutien et son enthousiasme lors de la réalisation de cette étude.

La conception et la réalisation de ce projet n'auraient jamais été possibles sans le concours de deux amis fidèles qui y ont investi beaucoup de temps et d'efforts. Jean-Pierre Bédard, détenteur d'un baccalauréat en psychologie et instructeur de conduite depuis une quinzaine d'années, a contribué à la conception du test routier. Il a permis l'association avec une école de conduite pour l'utilisation d'un véhicule et a supervisé toutes les séances de tests sur la route. De plus, sa contribution à la révision du texte en français a permis d'en faciliter grandement la compréhension. Les nombreuses conversations avec Thomas Brown, Ph.D., ses conseils judicieux ainsi que sa participation à l'adaptation de l'article en anglais furent très appréciés.

Plusieurs personnes ont contribué à la réalisation pratique de cette étude. Martin Brosseau, instructeur de conduite et propriétaire de l'école de conduite Virgo, a fourni un véhicule de son école en faisant preuve de disponibilité et de générosité. Martin Paquette, M.Sc., et Carl L'Archevêque, ingénieur informatique au Département de psychologie, ont enseigné à l'auteure la création de scénarios de simulation de conduite et ont fourni une aide technique tout au long de la préparation de l'expérimentation et de son déroulement. Daniel Harding a contribué à la conception graphique de l'affiche de recrutement des participants.

Ce mémoire a été réalisé grâce à la participation financière du Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (FCAR), du ministère des Transports du Québec et de la Société de l'assurance automobile du Québec.

Avant-propos

Ce mémoire de maîtrise est présenté sous forme de publication scientifique. L'article est intitulé *Screening for high-risk drivers: Does speed on a driving simulator predict speed on the road among young male drivers?* Cette approche a été autorisée par Madame Marcelle Cossette-Ricard, adjointe à la recherche au Département de psychologie. L'introduction et la discussion sont aussi présentées en français.

Introduction

La première section de la recension des écrits traite de l'importance du problème de la vitesse. L'excès de vitesse est décrit comme un comportement routier à risque très répandu, lié à d'autres comportements routiers à risque et aux accidents, particulièrement chez les jeunes conducteurs masculins âgés de 19 ans et moins.

La seconde section porte sur la prédiction de la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins à l'aide de la simulation de conduite. La présentation des différentes méthodes de détection et de prédiction de la vitesse est suivie par une description des avantages de la simulation de conduite dans la prédiction de la vitesse à laquelle les jeunes conducteurs circulent. Cependant, pour être utilisée en tant que méthode de prédiction, la simulation de conduite doit d'abord être validée. La méthode employée habituellement dans les études de validation des simulateurs est critiquée puisque plusieurs de ses éléments ne sont pas nécessaires afin de valider des simulateurs utilisés pour la prédiction d'un comportement à risque. Cette section se termine par la description d'une méthode de validation simplifiée.

L'importance du problème de la vitesse

L'excès de vitesse : un comportement routier à risque

L'excès de vitesse est un comportement à risque, pouvant se manifester de façon volontaire ou non. De plus, il n'implique pas un manque d'habiletés ou de connaissances de la part des conducteurs et peut engendrer des conséquences négatives. L'étude de Williams et O'Neill (1974) portant sur les détenteurs de permis de compétitions automobiles permet de bien illustrer l'énoncé précédent. Ce groupe de conducteurs, considérant leur expérience et leurs connaissances, devrait

avoir moins de contraventions et, surtout, moins d'accidents que les autres conducteurs. C'est du moins ce que soutenaient les principaux intéressés à la création d'un permis spécial de maîtres conducteurs. Les résultats de cette étude démontrent que non seulement les détenteurs de permis de compétitions automobiles ont plus de contraventions pour excès de vitesse qu'un groupe témoin, mais qu'ils ont aussi généralement plus d'accidents.

La fréquence de l'excès de vitesse

L'excès de vitesse est le comportement routier à risque le plus répandu, tel que le démontrent le nombre de contraventions émises, l'observation systématique de la vitesse adoptée sur la route et les réponses aux questionnaires complétés dans le cadre d'études diverses en sécurité routière. Les statistiques et les études provenant de divers pays font état de la fréquence de l'excès de vitesse.

Au Québec, l'excès de vitesse représente 68 % du total des infractions¹ pour la période s'étalant de 1990 à 1994 (Société de l'assurance automobile du Québec [SAAQ], 1995). En Ontario et en Colombie-Britannique, l'excès de vitesse représente respectivement 57 % et 60 % des infractions (Beirness & Simpson, 1997).

Au Canada, aux États-Unis et en Scandinavie, l'observation systématique de la vitesse adoptée sur la route établit qu'entre 48 % et 90 % des véhicules

¹ Il ne faut cependant pas oublier que l'excès de vitesse est le comportement routier à risque le plus facilement observable. Contrairement à de nombreuses infractions, telles la conduite avec les facultés affaiblies, les dépassements dangereux, l'omission de se conformer à un feu rouge ou à un panneau d'arrêt, l'omission de porter la ceinture de sécurité et la conduite sans permis de conduire, la vitesse adoptée par les conducteurs possède plusieurs caractéristiques qui facilitent grandement son observation. La vitesse d'un véhicule peut être observée sur tous les types de routes, à distance ou malgré une visibilité réduite et elle ne nécessite pas l'arrestation du conducteur ou la consultation de son dossier de conduite. La facilité d'observation de la vitesse se traduit par un nombre de contraventions émises plus élevé que pour l'ensemble de toutes les autres infractions au Code de la sécurité routière. De plus, il n'est pas exclu que le nombre de contraventions émises reflète aussi le renforcement policier qui peut être différent selon l'infraction commise, l'âge et le sexe du conducteur, le type de véhicule et le lieu d'infraction.

observés excèdent les limites prescrites en différentes zones de vitesse (Åberg, Larsen, Glad, & Beilinson, 1997; Beirness & Simpson, 1997; Clarke, 1996; Guimont, 1990; Trinkaus, 1996). Fait à noter, l'étude de Clarke portait sur la vitesse de plus de 16 millions de véhicules de promenade.

La fréquence de l'excès de vitesse se reflète aussi dans les réponses aux questionnaires qui concordent avec l'observation systématique de la vitesse adoptée sur la route. Des études effectuées en Angleterre et en Australie démontrent que l'excès de vitesse est un comportement à risque communément rapporté par 55 % des conducteurs (Adams-Guppy & Guppy, 1995) et qu'il est le plus souvent signalé parmi une liste de comportements routiers à risque (Blockey & Hartley, 1995; Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990).

La fréquence de l'excès de vitesse chez les jeunes conducteurs masculins

La compilation des contraventions émises démontre que l'excès de vitesse est lié à la fois à l'âge et au sexe des conducteurs. Généralement, lorsque les études tiennent compte du nombre de titulaires de permis de conduire par catégories d'âge, la manifestation de ce comportement est à son apogée chez les 16-19 ans et est moins élevée chez les autres groupes d'âge (20-24 ans; 25-34 ans; 35-44 ans; 45-54 ans; 55-64 ans; 65 ans et plus). Ainsi, ce sont les conducteurs âgés de 18 et 19 ans qui ont reçu le plus de contraventions pour excès de vitesse au Québec, entre 1985 et 1989, avec un taux de 1102,3 par 1000 titulaires de permis de conduire (Marret, 1994). Une petite baisse de l'excès de vitesse est présente chez les 20-24 ans. Puis, on assiste à une diminution importante de ce comportement chez les autres groupes d'âge. Les résultats de l'observation systématique des comportements abondent dans le même sens puisque plusieurs auteurs ont constaté que les jeunes conducteurs circulent plus rapidement que les conducteurs plus âgés (Galín, 1981; Quimby & Watts, 1981; Wasielewski, 1984; West, French, Kemp, & Elander, 1993).

Bien qu'une tendance décroissante similaire de l'excès de vitesse avec l'âge soit présente chez tous les conducteurs, ce sont les hommes qui reçoivent la majorité des contraventions pour excès de vitesse (SAAQ, 1998) et qui circulent plus rapidement (Galín, 1981). La comparaison des statistiques compilées sur les jeunes hommes et les jeunes femmes démontre que, de 1992 à 1997, les hommes de 19 ans et moins ont reçu approximativement quatre fois plus de contraventions pour excès de vitesse que les jeunes femmes du même âge (SAAQ, 1998). Ce fait s'avère constant dans le temps puisqu'en 1970 Harrington et McBride ont obtenu des résultats similaires chez les jeunes de 21 ans et moins. Les réponses aux questionnaires révèlent que les jeunes hommes de 18 à 22 ans déclarent excéder les limites de vitesse significativement plus souvent que les jeunes femmes du même âge; environ 50 % d'entre eux rapportent manifester ce comportement au moins quotidiennement (Basch, De Cicco, & Malfetti, 1987).

L'excès de vitesse en lien avec d'autres comportements routiers à risque

Il est reconnu qu'il existe une relation entre les différents types de comportements routiers à risque. Les conducteurs qui prennent des risques sur la route adoptent généralement plus d'un type de comportements à risque (Beirness & Simpson, 1997; Jonah, 1986). L'excès de vitesse, observé ou admis dans les réponses données aux questionnaires, a été mis en relation avec la production de gestes indécents envers d'autres conducteurs (Hemenway & Solnick, 1993), l'obtention de contraventions routières (Wasielewski, 1984) et plus spécifiquement de contraventions pour excès de vitesse (Rajalin, 1994; Summala, Nääätänen, & Väisänen, 1984). L'excès de vitesse est aussi lié à l'omission de se conformer à un feu rouge (Hemenway & Solnick, 1993), de porter la ceinture de sécurité (Preusser, Lund, Williams, & Blomberg, 1988), de signaler un changement de voie, de suivre un autre véhicule à une distance sécuritaire et d'immobiliser le véhicule complètement à un panneau d'arrêt (Edwards, Hahn, & Fleishman, 1977).

Cooper (1997) fait une distinction entre l'excès de vitesse (40 km/h et moins au-dessus de la limite de vitesse prescrite) et la conduite à une vitesse excessive (plus de 40 km/h au-dessus de la limite prescrite ou excessive selon les conditions routières). Il indique que, parmi les 2 % de conducteurs ayant reçu des contraventions pour vitesse excessive, se trouvent aussi ceux qui ont commis 44 % des infractions au Code criminel, dont la majorité pour conduite avec les facultés affaiblies.

L'excès de vitesse chez les jeunes conducteurs en lien avec d'autres comportements routiers à risque

Aucune étude répertoriée n'a porté spécifiquement sur la relation entre la vitesse et d'autres comportements routiers à risque chez les conducteurs âgés de 19 ans et moins, ni chez les jeunes conducteurs masculins. Cependant, Jonah et Dawson (1987) se sont intéressés, entre autres, à la relation entre la vitesse et d'autres comportements routiers à risque, admis dans les réponses données aux questionnaires, chez de jeunes conducteurs âgés de 24 ans et moins. Les conducteurs âgés de 20 à 24 ans arrivent généralement au second rang quant à la manifestation d'excès de vitesse. Les comportements mis en relation avec la vitesse incluaient : omettre de porter la ceinture de sécurité, suivre un véhicule de trop près, traverser une intersection sur un feu jaune, dépasser un autre véhicule dans une intersection et changer de voie brusquement. Jonah et Dawson ont constaté une relation significative entre la vitesse et ces comportements; cette relation étant beaucoup plus élevée chez les conducteurs âgés de 24 ans et moins que chez les conducteurs plus âgés.

La vitesse élevée : facteur principal contribuant aux accidents

La relation entre la vitesse observée sur la route et les accidents est bien établie (Lajunen, Karola & Summala, 1997; Preusser et al., 1988; Quimby & Watts, 1981; Wasielewski, 1984; West, French et al., 1993; Wilson & Greensmith, 1983). Une vitesse élevée est considérée comme un des facteurs principaux contribuant aux accidents et augmentant grandement leur gravité (Bowie & Walz, 1994; Shibata & Fukuda, 1994). La vitesse est un facteur important dans près du tiers des accidents mortels aux États-Unis (Bowie & Walz, 1994; National Highway Traffic Safety Administration [NHTSA], 1999).

La quantification des effets d'une vitesse élevée lors d'accidents est parfois difficile à établir. Marret (1994) a tenté de les évaluer à partir de l'estimation de la vitesse pré-impact des véhicules par les services policiers. Il appert de cette étude que, pour la période s'étalant de 1988 à 1991, la conduite à une vitesse élevée a été impliquée dans 48,3 % des accidents mortels et dans 39,9 % des accidents graves au Québec.

La tentative fréquente de départager les causes des accidents ou d'identifier une cause principale peut amener à minimiser les autres facteurs impliqués. Ainsi, il est difficile de passer sous silence la conduite en état d'ébriété, reconnue par plusieurs auteurs comme le facteur principal contribuant aux accidents. Cependant, une personne impliquée dans un accident, tout en conduisant sous les effets de l'alcool, a souvent pu commettre une ou plusieurs autres infractions entraînant l'accident (p. ex., excès de vitesse, omission de se conformer à un feu rouge, dépassement dangereux). Tel que le démontre Steensberg (1994), dans de nombreux cas, la personne responsable de l'accident conduisait à une vitesse élevée alors qu'elle était en état d'ébriété. Selon le NHTSA (1999), 43 % des conducteurs en état d'ébriété (taux d'alcoolémie de 0,1 g/l et plus), décédés lors d'un accident routier, dépassaient alors les limites de vitesse prescrites. Les interactions entre les

facteurs contribuant aux accidents sont peu étudiés. Il serait donc intéressant de connaître l'importance de l'interaction entre la conduite en état d'ébriété et l'excès des limites de vitesse prescrites.

Trois types d'étude démontrant l'importance de la vitesse dans les accidents

Les études sur les effets de la vitesse lors d'accidents peuvent se regrouper selon la nature du lien étudié : le lien entre les modifications des limites de vitesse prescrites et les statistiques d'accidents; le lien entre les contraventions pour excès de vitesse et les accidents, informations provenant du dossier des conducteurs; le lien entre la vitesse et les accidents, données obtenues à l'aide de questionnaires.

Plusieurs auteurs se sont intéressés aux effets des modifications des limites de vitesse prescrites (Engel & Thomsen, 1992; Evans, 1991; Finch, Kompfner, Lockwood, & Maycock, 1994; Garber & Graham, 1990; Marret, 1994; Wagenaar, Streff, & Schultz, 1990). Généralement, la réduction des limites de vitesse entraîne une baisse de la vitesse moyenne et du nombre d'accidents; une augmentation des limites implique une hausse des accidents.

Plusieurs auteurs ont mis en relation les contraventions pour excès de vitesse et les accidents des conducteurs. Selon Cooper, Pinili et Chen (1995), au cours des trois premières années de conduite, 41 % des conducteurs novices avaient reçu au moins une contravention (dont 69,8 % pour excès de vitesse) 30 jours et plus avant leur premier accident. Selon Cooper (1997), les taux d'accidents (général et impliquant une vitesse excessive) des conducteurs ayant reçu des contraventions pour vitesse excessive (plus de 40 km/h au-dessus de la vitesse prescrite) augmentent de façon beaucoup plus importante avec le nombre de contraventions reçues que les taux d'accidents des conducteurs ayant reçu des contraventions pour excès de vitesse (40 km/h et moins au-dessus de la vitesse prescrite) ou pour d'autres types d'infractions alors que le véhicule est en mouvement. Rajalin (1994)

rapporte que les conducteurs décédés dans un accident de la route avaient eu deux fois plus de contraventions pour excès de vitesse qu'un groupe témoin. Bowie et Walz (1994), qui se sont intéressés aux accidents mortels impliquant une vitesse élevée, indiquent que les conducteurs décédés dans ces accidents avaient commis plus d'infractions, notamment des excès de vitesse, que les conducteurs dont l'accident mortel n'était pas lié à la conduite à une vitesse élevée.

Les conducteurs qui déclarent excéder souvent les limites de vitesse rapportent avoir eu plus d'accidents que ceux qui les dépassent rarement (Hemenway & Solnick, 1993; West, Elander, & French, 1993). Selon French, West, Elander et Wilding (1993), la vitesse à laquelle les conducteurs admettent circuler est un bon indicateur de leur implication dans des accidents.

Les accidents mortels chez les jeunes conducteurs masculins

Les conducteurs masculins âgés de 19 ans et moins sont les plus à risque de perdre la vie dans un accident routier (Evans, 1991; Karpf & Williams, 1983). À l'instar de l'excès de vitesse, les accidents sont aussi liés à l'âge et au sexe des conducteurs. Généralement, les statistiques indiquent que le taux d'accidents des 16-19 ans est le plus élevé. Ce taux diminue rapidement jusqu'à 35 ans, décroît ensuite plus lentement jusqu'à 74 ans et remonte par la suite, sans toutefois atteindre le taux des 16-19 ans. Au Québec les conducteurs âgés de 16 à 19 ans ont un taux d'accidents de 129,17 par 1000 titulaires de permis de conduire pour la période s'étalant de 1993 à 1998 (SAAQ, 1999). Leur taux d'accidents est 2,5 fois plus élevé que celui des conducteurs âgés de 35 à 44 ans.

Cette tendance décroissante est aussi présente chez les femmes. Cependant, elles ont des taux d'accidents inférieurs à ceux des hommes. Pour la période s'étalant de 1993 à 1998, la comparaison du nombre d'accidents mortels au Québec chez les conducteurs âgés de 16 à 19 ans, montrent que les jeunes

conducteurs masculins ont eu 3,5 fois plus d'accidents que les jeunes conductrices (SAAQ, 1999). Des différences entre les jeunes hommes et les jeunes femmes se manifestent aussi dans le ratio conducteurs/passagers calculé en utilisant les données fournies par la SAAQ (1999). Le plus souvent, lors d'accidents mortels, les jeunes hommes conduisent et les jeunes femmes sont passagères. Des résultats similaires sont retrouvés aux États-Unis (Williams & Wells, 1995).

Puisque les hommes reçoivent plus de contraventions pour excès de vitesse et ont plus d'accidents que les femmes, il n'est pas étonnant qu'ils aient aussi plus d'accidents impliquant une vitesse élevée (Harrington & McBride, 1970; Storie, 1977). Parallèlement à l'excès de vitesse et aux accidents, ce problème est particulièrement important chez les jeunes hommes (Steensberg, 1994). À ce titre, le NHTSA (1999) rapporte que 37 % des conducteurs masculins âgés de 20 ans et moins, décédés lors d'accidents routiers, excédaient alors les limites de vitesse.

Près de 70 % des accidents mortels impliquant une vitesse élevée sont des accidents à un seul véhicule (*single-car crashes*) (Bowie & Walz, 1994). En 1988 aux États-Unis, 44,73 % des décès d'occupants de véhicules ont eu lieu lors d'accidents n'impliquant qu'un seul véhicule, ce qui en fait le type d'accidents où les décès sont les plus nombreux (Evans, 1991). Les jeunes hommes âgés d'environ 18 à 22 ans sont les conducteurs les plus impliqués dans ces accidents et ils en ont près de quatre fois plus que les jeunes femmes du même âge (Evans, 1987). Laapotti et Keskinen (1998) ont démontré que 83 % des jeunes hommes de 18 à 21 ans qui sont décédés à la suite d'une perte de contrôle de leur véhicule conduisaient trop rapidement. Dans plus de 70 % des pertes de contrôle du véhicule, il s'agissait d'un accident à un seul véhicule.

L'excès de vitesse : importance de l'âge et du sexe des conducteurs

La recension des écrits démontre que ce sont surtout les jeunes conducteurs masculins âgés de 16 à 19 ans qui sont les plus à risque de conduire à une vitesse élevée et d'en subir les conséquences. L'âge et le sexe des conducteurs sont les deux facteurs les plus souvent associés à ce phénomène, de par leur importance mais aussi parce que, selon Haight (cité dans Evans, 1987), ces caractéristiques sont les plus accessibles aux chercheurs. Il ne faut cependant pas oublier que d'autres facteurs, dont l'expérience de conduite, le type d'exposition au risque et certains traits de personnalité, peuvent jouer un rôle. Les résultats des études portant sur ces facteurs sont généralement moins concluants.

La documentation scientifique classe souvent les conducteurs par groupes d'âge. Cependant, certains auteurs dont Karpf et Williams (1983), se sont intéressés plus spécifiquement aux accidents des conducteurs de 16, 17, 18 et 19 ans et ils ont observé des différences à l'intérieur de ce groupe d'âge. Il semble donc important de tenir compte de l'âge précis des jeunes conducteurs dans toutes études portant sur leurs comportements à risque.

Prédiction de la vitesse adoptée sur la route par les jeunes conducteurs masculins à l'aide de la simulation de conduite

Méthodes de détection et de prédiction de la vitesse adoptée sur la route

La section précédente démontre que l'excès de vitesse est un comportement routier à risque très répandu qui a été mis en relation avec d'autres comportements routiers à risque et avec les accidents, particulièrement chez les jeunes conducteurs masculins âgés de 19 ans et moins. Malgré la propension de ce groupe à de tels comportements, ils n'en forment pas moins un groupe hétérogène. La présentation des résultats des études peut laisser croire que tous les jeunes conducteurs

masculins circulent très rapidement sur la route, alors que seul un petit nombre manifeste ces comportements ou est impliqué dans des accidents (Beirness & Simpson, 1997; Rolls, Hall, Ingham, & McDonald, 1991). Une méthode de prédiction de la vitesse adoptée sur la route par les jeunes conducteurs masculins permettrait de cibler les conducteurs les plus à risque. Cette identification n'est cependant souhaitable qu'à des fins de prévention².

La vitesse adoptée habituellement par les conducteurs sur la route peut être estimée à l'aide de plusieurs méthodes de détection et de prédiction qui génèrent des résultats souvent utilisés comme indice de la prise de risque au volant. Ces méthodes incluent l'enregistrement de la vitesse par radar, l'utilisation du dossier des conducteurs (nombre de contraventions reçues), les rapports d'accidents (estimation de la vitesse pré-impact par les policiers), les questionnaires et les tests routiers avec observateur(s) présent(s) dans le véhicule. Seuls les questionnaires et les tests routiers sont utiles à la prévention individuelle puisqu'ils permettent l'accès direct à la population ciblée. L'utilisation d'un radar ne permet que l'identification des contrevenants par observation directe de l'infraction. De même, le dossier des conducteurs ne permet que l'identification des contrevenants reconnus coupables et peut refléter le renforcement policier prévalant à différents endroits. La vitesse pré-impact indiquée dans les rapports d'accidents ne permet manifestement aucune prévention dans le cas d'accidents mortels.

² On retrouve deux types de mesures préventives des comportements routiers à risque : les mesures individuelles (p. ex., 1a- apprentissage des habiletés affectives (attitudes envers les lois et la sécurité routière) ajoutées à l'enseignement des habiletés psychomotrices (habiletés et coordination) et des habiletés cognitives (compréhension des règlements et des risques inhérents à la conduite) (voir Hirsch, 1997); 1b- suivi après l'obtention du permis de conduire) et les mesures collectives qui sont de loin les plus nombreuses (p. ex., 2a- renforcement du Code de la sécurité routière (émission de contraventions); 2b- renforcement ciblé de certains comportements illégaux, principalement la conduite avec les facultés affaiblies et l'excès de vitesse; 2c- campagnes publicitaires visant à changer dans la population la perception de certains comportements illégaux dont la conduite avec les facultés affaiblies; 2d- incitations monétaires à éviter les accidents et les contraventions; 2e- diminution des limites de vitesse prescrites; 2f- accès graduel à la conduite; 2g- « couvre-feu » où les jeunes ne peuvent conduire un véhicule pendant une période de la nuit; 2h- augmentation de l'âge réglementaire pour la consommation d'alcool).

Les méthodes utiles à la prévention individuelle ne sont pas sans failles. La validité de plusieurs questionnaires et tests routiers utilisés dans un contexte de recherche reste à démontrer pour une utilisation à des fins de prévention. Il peut être facile d'en déduire l'objectif³. De plus, les comportements manifestés dans un test routier peuvent être influencés par plusieurs facteurs difficilement contrôlables, dont la densité de la circulation et les conditions atmosphériques. Par ailleurs, dans un contexte de recherche, les réponses données et les comportements manifestés sont sans conséquences négatives pour les répondants puisqu'ils sont assurés de confidentialité. Dans un contexte de prévention, ils pourraient être différents et induire un biais positif favorisant les répondants, surtout si de leurs réponses et comportements dépendaient l'obtention de leur permis de conduire ou l'obligation de suivre une formation supplémentaire.

À ce titre, il importe de distinguer les tests routiers permettant l'évaluation des habiletés des conducteurs désirant obtenir leur permis de conduire (examens pratiques), des tests routiers utilisés en contexte de recherche. Ces tests partagent souvent plusieurs éléments communs, dont la présence d'observateur(s) inconnu(s) à l'intérieur du véhicule. Cependant, l'enjeu et la longueur des tests représentent deux différences importantes. D'abord, l'enjeu auquel les conducteurs sont confrontés lors de leur examen pratique est important. Dans le cas d'un échec, ils subiront des pertes d'argent, de temps et de mobilité. Dans un contexte de recherche, ces conséquences négatives sont absentes. Ainsi, lors d'examens pratiques, McPherson et McKnight (1981) ont constaté que les conducteurs ont modifié leurs comportements habituels. En effet, il n'y avait qu'une faible corrélation entre la vitesse à laquelle ils circulaient pendant et après le test; seulement 5 % des conducteurs avaient excédé les limites de vitesse prescrites pendant le test. L'observation systématique de la vitesse, dans les études

³ Les trois questions de l'échelle de la vitesse du *Driving Style Questionnaire* (French et al., 1993) en sont un exemple : 1) Dépassez-vous les limites de vitesse prescrites sur l'autoroute? 2) Conduisez-vous rapidement? 3) Dépassez-vous les limites de vitesse prescrites dans les zones urbaines? (traduction libre).

répertoriées, indique que le pourcentage d'excès des limites de vitesse prescrites se situe entre 48 % et 90 % (Åberg et al., 1997; Beirness & Simpson, 1997; Clarke, 1996; Guimont, 1990; Trinkaus, 1996). L'étude menée par McPherson et McKnight est un indice que les examens pratiques ne permettent pas aux conducteurs de manifester des comportements similaires à leurs comportements habituels. De leur côté, les tests routiers effectués dans le cadre d'études scientifiques ont généré des résultats comparables à ceux obtenus à l'aide d'autres méthodes telles l'utilisation du dossier des conducteurs et l'observation systématique des comportements à l'insu des participants (Lajunen et al., 1997; Quimby & Watts, 1981; West, French et al., 1993; Wilson & Greensmith, 1983).

La longueur des trajets est la seconde différence importante entre les examens pratiques et les tests routiers utilisés dans un contexte de recherche. Les premiers étant généralement beaucoup plus courts. Selon McKnight et Stewart (cité dans Mayhew & Simpson, 1995), les tests routiers de courte durée peuvent démontrer les connaissances et les capacités des conducteurs lorsqu'ils surveillent leurs comportements mais ils ne permettent pas d'observer les comportements habituels des conducteurs. McKnight et Stewart considèrent que les conducteurs auraient plus de difficulté à modifier leurs comportements si les tests routiers étaient d'une durée minimale d'une heure. Ainsi, les examens pratiques au Canada ne correspondent pas à cette description puisqu'ils ont une durée moyenne d'une demi-heure et comprennent, entre autres, l'inspection du véhicule, sa mise en marche et son stationnement. Il ne s'agit donc pas d'une demi-heure de conduite. Le trajet routier de McPherson et McKnight (1981) s'étendait sur une dizaine de kilomètres. Dans les trajets utilisés en contexte de recherche, les participants conduisent plus du double de cette distance; certains trajets totalisant plus de 100 kilomètres (Biehl, Fischer, Häcker, Klebelsberg, & Seydel, 1975; De Waard & Brookhuis, 1991; Duncan, Williams, & Brown, 1991; Lajunen et al., 1997; Quimby & Watts, 1981; Wilson & Greensmith, 1983; Wilson & Wilson, 1984; West, French et al., 1993).

Ainsi, les tests routiers en contexte de recherche semblent favoriser chez les conducteurs la manifestation de comportements habituels. Ces tests ne comportent pas les conséquences négatives des examens pratiques et ils sont beaucoup plus longs. Bien qu'il soit difficile de diminuer l'importance de l'enjeu en contexte de prévention, il serait intéressant de vérifier si un long test routier peut amener les conducteurs à circuler selon leur façon habituelle.

La simulation de conduite

Certains chercheurs ont suggéré l'utilisation de la simulation de conduite à des fins d'évaluation des conducteurs à risque (Allen, Klein, & Ziedman, 1979; Mayhew & Simpson, 1995). Cette suggestion comporte plusieurs avantages. Contrairement aux questionnaires, qui n'impliquent que la reconnaissance du comportement, le but d'un simulateur est de permettre aux conducteurs de manifester des comportements similaires à leurs comportements en situation de conduite réelle. De plus, l'utilisation d'un simulateur permet de pallier les inconvénients des tests routiers en présentant un environnement sécuritaire et semblable en tous points pour tous les participants. Par contre, à l'instar des questionnaires et des tests routiers administrés en contexte de recherche, les données recueillies en simulation de conduite sont confidentielles. Ainsi, dans un contexte de prévention, la façon de conduire des participants pourrait aussi être différente. Cependant, si on extrapole à la simulation de conduite l'opinion de McKnight et Stewart (cité dans Mayhew & Simpson, 1995) au sujet des tests routiers, il est possible d'avancer qu'une période de conduite assez longue en simulation de conduite pourrait permettre aux participants de circuler sans surveiller leurs comportements.

Bien que l'utilisation de la simulation de conduite pour l'évaluation des conducteurs à risque ait été suggérée, aucune étude répertoriée n'a tenté d'en

évaluer le potentiel en tant que méthode de prédiction de la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins. Pour être utilisé à cette fin, un simulateur doit d'abord être validé avec les comportements manifestés sur la route.

Critique de la méthode utilisée dans les études de validation des simulateurs

Outre la longueur du trajet, Mayhew et Simpson (1995) considèrent que, pour observer les comportements des conducteurs, la conception de tests devrait aussi reposer sur la complexité de l'environnement routier. Un environnement complexe devrait comporter plusieurs éléments de la conduite, dont différents types de routes et de limites de vitesse. Un test routier long et complexe pourrait donc permettre l'observation de la vitesse habituellement adoptée par les jeunes conducteurs. De même, on peut avancer qu'un test en simulation de conduite qui inclurait ces paramètres (longueur et complexité) pourrait susciter chez les jeunes conducteurs des comportements qui pourraient être comparés à ceux manifestés en situation réelle. Si les tests routiers doivent être plus longs et complexes afin d'observer les comportements habituels des conducteurs, certains éléments de la méthode des études de validation des simulateurs ne semblent pas nécessaires à la prédiction de la vitesse sur la route.

Les études de validation des simulateurs mettent généralement l'accent sur la reproduction de plusieurs éléments de l'environnement routier dans l'environnement simulé : aspect visuel élaboré, circulation, correspondance kinesthésique et mécanique entre les deux véhicules (Blaauw, 1982; Laya, 1994; Riemersma, van der Horst, Hoekstra, Alink, & Otten, 1990; Törnros, Harms, & Alm, 1997). Étant donné la complexité de cette tâche, on ne reproduit que des trajets très brefs, peu variés, ou une combinaison des deux, par exemple : une autoroute à quatre voies avec une seule limite de vitesse (Blauw, 1982), une route de campagne avec peu de circulation, aucune intersection et deux limites de vitesse différentes (Harms, 1996) ou un tunnel (Törnros et al., 1997).

À l'instar des tests en simulation de conduite, les tests routiers se font dans un même environnement routier bref et contrôlé, ce qui permet la comparaison de la vitesse moyenne dans l'environnement réel et simulé. La vitesse moyenne sur la route est calculée à l'aide d'un véhicule instrumenté muni de senseurs et d'instruments informatisés qui enregistrent aussi d'autres variables. Naturellement, si l'intérêt des chercheurs ne porte que sur la vitesse moyenne, il est possible de la calculer à l'aide du nombre de kilomètres parcourus au cours du trajet et du temps requis pour le compléter. Par contre, la vitesse moyenne peut varier dans un test routier long et complexe à cause, entre autres, de la circulation. Son utilisation semble donc inadéquate dans ce type de test.

Dans un test routier complexe, la vitesse adoptée par les conducteurs peut être prise en note à des sites spécifiques par un observateur présent dans le véhicule. La vitesse à des sites spécifiques, utilisée par Quimby et Watts (1981) dans une étude portant, entre autres, sur la relation entre la prise de risque et la performance des conducteurs, possède plusieurs avantages. Les sites peuvent être sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques et des limites de vitesse prescrites. Les sites choisis doivent aussi permettre l'observation de la vitesse adoptée par les conducteurs en circulation libre (*free speed*), ce qui signifie que leur vitesse ne doit pas être contrainte par la présence d'autres usagers de la route. Le flot de la circulation peut être vérifié à l'aide de plusieurs prétests. Un conducteur est considéré en circulation libre lorsque la distance le séparant du véhicule le précédent dans la même voie est de quatre secondes ou plus (Preusser et al., 1988; Wasielewski, 1984). La vitesse adoptée par les conducteurs sur ces sites donne une information plus pertinente que la vitesse moyenne et est moins affectée par les influences extérieures.

L'enregistrement de la vitesse à des sites spécifiques a été utilisée dans une étude de validation d'un simulateur portant sur les effets de mesures de réduction de

vitesse (Riemersma et al., 1990). Observée à l'aide d'un radar et à leur insu, la vitesse d'un groupe de conducteurs a ensuite été comparée à la vitesse de participants dans un environnement semblable en simulation de conduite. Les résultats démontrent qu'il y a une correspondance entre la vitesse observée sur la route et en simulation de conduite. Cependant, lors de cette étude, la composition du premier groupe reste inconnue et celle du second est hétérogène quant à l'âge.

Les études de validation des simulateurs visent souvent la reproduction exacte d'un environnement routier bref et contrôlé et utilisent un véhicule instrumenté pour le calcul de la vitesse moyenne. Cependant, elles tiennent peu compte de la composition des groupes de participants. Ils sont souvent peu nombreux et possèdent des caractéristiques hétérogènes : vaste étendue d'âge et d'expérience de conduite. Dans le cadre d'une étude visant la prédiction de la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins, l'âge des participants doit être homogène et la vitesse doit être observée à plusieurs sites, en circulation libre, dans un trajet long et complexe.

Vitesse dans le simulateur de conduite de l'Université de Montréal

Jusqu'à maintenant, les études menées à l'aide du simulateur de conduite de l'Université de Montréal⁴ ont porté principalement sur les comportements à risque, dont la vitesse, chez de jeunes conducteurs masculins. Certaines de ces études ont mis en relation la vitesse des conducteurs dans le simulateur avec leur dossier de conduite.

D'abord, Joly et Bergeron (1989) ont démontré que les participants, qui ont reçu des contraventions pour excès de vitesse, s'immobilisent moins fréquemment à

⁴ Au moment où la présente étude a été menée, une deuxième version du simulateur était utilisée. Les résultats recensés proviennent de la première version qui a été utilisée jusqu'en 1993. Les différences principales entre les deux premières versions portent sur l'aspect visuel de la simulation. Seule la troisième version du simulateur, fonctionnelle depuis octobre 1999, permet d'observer les déplacements d'autres usagers de la route.

un panneau d'arrêt et font plus de croisements dangereux dans le simulateur de conduite. Ensuite, Paradis (1990) a pu montrer que les jeunes conducteurs masculins ayant un mauvais dossier de conduite (contraventions et accidents) circulent plus rapidement dans le simulateur que les jeunes conducteurs masculins au dossier de conduite vierge. De plus, le nombre d'accidents des conducteurs dans le simulateur est significativement corrélé avec leur nombre d'accidents sur la route. La même relation peut être observée entre le nombre d'infractions commises dans le simulateur et le nombre de contraventions reçues sur la route.

Les résultats obtenus à l'aide du simulateur de conduite démontrent donc qu'il y a un lien entre la vitesse à laquelle les conducteurs circulent et leurs dossiers de conduite. Ces résultats concordent avec la documentation scientifique portant sur les comportements de vitesse en situation réelle. Cependant, la relation entre la vitesse adoptée dans le simulateur et sur la route reste à démontrer.

Hypothèses et objectifs complémentaires

Le but principal de cette étude est d'évaluer le potentiel du simulateur de conduite de l'Université de Montréal dans la prédiction de la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins. Pour ce faire, une méthode simplifiée visant la validation des simulateurs destinés à la prédiction d'un comportement routier à risque est utilisée. La vitesse de conducteurs masculins âgés de 19 ans est enregistrée à des sites spécifiques dans le simulateur et est comparée à leur vitesse notée à des sites spécifiques sur la route. Il est postulé que leur vitesse en simulation de conduite permettra de bien prédire leur vitesse sur la route.

Objectifs complémentaires⁵

- 1) Établir l'importance du lien entre la vitesse à des sites spécifiques et la vitesse moyenne dans le simulateur, la vitesse moyenne étant la variable la plus utilisée dans les études menées en simulation de conduite. Il est prédit que le lien entre ces deux variables sera très élevé.

- 2) Démontrer la prépondérance de la vitesse à des sites spécifiques sur la vitesse moyenne dans un test routier long et complexe.

- 3) Déterminer la relation entre trois des mesures de vitesse (à des sites spécifiques sur la route, à des sites spécifiques dans le simulateur et la vitesse moyenne dans le simulateur). La vitesse à des sites spécifiques dans le simulateur et sur la route devrait être plus élevée que la vitesse moyenne dans le simulateur puisque le calcul de la vitesse moyenne inclue plusieurs manœuvres (virages, arrêts et autres) alors que la vitesse à des sites spécifiques est enregistrée en circulation libre.

- 4) Calculer le pourcentage de conducteurs ayant dépassé les limites de vitesse prescrites pendant le test routier dans les différentes zones (30, 50 et 70 km/h) afin d'estimer si les participants ont circulé à la vitesse qu'ils adoptent habituellement.

- 5) Estimer si la méthode simplifiée de validation des simulateurs est adéquate.

⁵ Dans l'article présenté à la page 21, l'hypothèse principale reste la même. Cependant, les objectifs complémentaires sont introduits différemment. L'auteur croit que cette particularité de l'introduction et de la conclusion en français permettra une meilleure compréhension du sujet pour un lecteur moins familier avec le domaine étudié. Tel que le prévoit le règlement concernant la présentation d'un mémoire par article, la méthode et les résultats de l'étude sont inclus dans l'article. Dans une présentation classique, les renvois aux appendices seraient intercalés dans la méthode. Il est possible de retrouver à l'Appendice A l'affiche ayant permis de recruter les participants; à l'Appendice B, le formulaire de consentement présenté aux participants et les questionnaires utilisés; à l'Appendice C, le trajet routier effectué par les participants, où sont désignés les 11 sites spécifiques ainsi que la grille ayant servi à la prise en note de la vitesse; à l'Appendice D, les consignes verbales données aux participants pendant le test routier et le test en simulation de conduite.

6) Évaluer l'influence de cinq variables sur la vitesse adoptée dans le simulateur et sur la route. Il s'agit de l'expérience de conduite, du nombre de kilomètres parcourus au cours de la dernière année, du nombre de contraventions et d'accidents, et de l'ordre de passation des tests (simulation de conduite et test routier).

Screening for high-risk drivers: Does speed on a driving simulator predict speed on the road among young male drivers?

Marie Claude Ouimet, Jacques Bergeron* and Jean-Pierre Bédard
Laboratoire de simulation de conduite, Université de Montréal, C.P. 6128
succ. Centre-Ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7

Abstract – Speeding is a widespread high-risk behavior associated with other risky behaviors and accidents. Speeding and its consequences are particularly important for young male drivers. This exploratory study investigated a new and simpler way to validate simulators for screening high-risk drivers by using speed choice recorded during a prolonged and complex driving circuit. In a group of 19-year old male drivers measures of free speed were taken at specific sites on the road and were compared with free speed at specific sites recorded on a driving simulator. Site speed on the simulator accounted for 47% of the variance in site speed observed on the road. Site speed on the simulator was also found to be highly correlated with mean speed on the simulator ($r(18) = +.86, p < .001$). Mean speed on the simulator was found to be moderately correlated with mean speed on the road ($r(18) = +.54, p < .05$). The advantages of site speed recorded in this manner are discussed in relation to research into risky driving behaviors. Further studies are needed to specifically investigate the elements necessary to elicit characteristic speeding behaviors in a simulator.

Keywords - Driving simulation; risky behavior; prediction of road speed; young male drivers; road test; validation

* Requests for reprints should be sent to Professor Jacques Bergeron

Introduction

The prevalence of driving at speeds higher than the posted limits is a consistent finding in studies conducted around the world regardless of the methodology employed (Åberg, Larsen, Glad, & Beilinson, 1997; Adams-Guppy & Guppy, 1995; Beirness & Simpson, 1997; Blockey & Hartley, 1995; Clarke, 1996; Guimont, 1990; Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990; Société de l'assurance automobile du Québec [SAAQ], 1995; Trinkaus, 1996). Speeding is also associated with many other risky behaviors such as following another vehicle too closely (Edwards, Hahn, & Fleishman, 1977), failure to use seat belts (Preusser, Lund, Williams, & Blomberg, 1988), running red lights (Hemenway & Solnick, 1993; Retting & Williams, 1996) and receiving more speeding convictions (Rajalin, 1994; Summala, Näätänen, & Väisänen, 1984). The relationship between observed speed on the road and accidents is well established (Lajunen, Karola & Summala, 1997; Preusser et al., 1988; Quimby & Watts, 1981; Wasielewski, 1984; West, French, Kemp, & Elander, 1993; Wilson & Greensmith, 1983). Higher driving speeds are considered one of the most significant risk factors for accidents and contribute to the seriousness and deadliness of accidents (Bowie & Walz, 1994; Shibata & Fukuda, 1994). Moreover, speeding plays an important role in about one third of the fatal accidents in the United States (Bowie & Walz, 1994; National Highway Traffic Safety Administration [NHTSA], 1999).

Speeding is also related to younger age and gender. Young drivers aged 18 and 19 years old have the highest rate of speeding convictions (Marret, 1994). Younger drivers have been observed to drive faster on average than older drivers (Galin, 1981; Quimby & Watts, 1981; Wasielewski, 1984; West et al., 1993). In addition, male drivers received more speeding convictions (SAAQ, 1998) and were observed to drive faster than females (Galin, 1981). While speeding behaviors of both male and female drivers diminish with age, male drivers 19 years or younger had approximately four times more speeding convictions than female drivers from

1992 to 1997 (SAAQ, 1998). Male drivers between 18 and 22 reported exceeding the speed limits significantly more often than young females of the same age, with around 50% of males reporting speeding at least daily (Basch, De Cicco, & Malfetti, 1987). Speeding is also a more important factor in accidents involving male than female drivers (Harrington & McBride, 1970; Storie, 1977), especially young males (Steensberg, 1994). Data reported by the NHTSA (1999) showed that 37% of young male drivers 20 years old or younger who died in road crashes were exceeding the speed limits.

Since speeding is widespread and associated with risky driving behaviors and accidents especially among young male drivers 19 and younger, there is considerable interest in being able to prevent this behavior by the identification of those at risk. Although young males are at higher risk for engaging in speeding, they are a heterogeneous group. Indeed, only a small proportion of all young male drivers actually engages in high-risk driving behaviors or has accidents (Beirness & Simpson, 1997; Rolls, Hall, Ingham, & McDonald, 1991). Nevertheless, the tragic consequences of speeding for young males and society in general makes more effective prevention of this behavior of paramount importance.

There are several methods for detecting or predicting speeding behaviors, including radar, examination of drivers' records, police reports of accidents, questionnaires and road tests. Of those, only questionnaires and road tests are useful for individual prevention efforts. However, both possess important shortcomings. Road testing is subject to many sources of variability, such as traffic and weather conditions. Questionnaires are vulnerable to positive response bias that may compromise their utility for screening.

Some investigators have argued for the use of driving simulators to detect drivers who engage in risky driving behaviors (Allen, Klein, & Ziedman, 1979; Mayhew & Simpson, 1995). Though driving simulators can closely resemble the

task demands of actual driving situations, in fact they rarely have been used for this purpose (Mayhew & Simpson, 1995). Before simulators can be used to identify such drivers, they must first be validated by comparison with actual road behaviors. However, the problem of positive response bias is also important for road and simulator tests.

Two elements have been posited as important in diminishing or eliminating positive bias: 1) test complexity; and 2) duration. To best observe actual individual driving behaviors, Mayhew and Simpson (1995) recommended that driving circuits involve a range of road conditions including different roads and speed limits. In addition, McKnight & Stewart (cited in Mayhew & Simpson, 1995) have posited that driving circuits should be of sufficient duration so that individuals may habituate to the presence of observers and drive as they normally would. One could speculate that a simulator test of sufficient duration and complexity might also encourage participants to drive less self-consciously.

From this perspective, a number of methodological features of traditional simulator-road studies may be questioned with respect to their usefulness in the prediction of speed. The methodologies commonly used in simulator studies have placed great emphasis on the correspondence between actual driving conditions and the simulator. Accordingly, simulation usually attempts to provide exact visual traffic and environmental aspects, kinesthetic movements, and mechanical elements that mimic the real driving experience (Blaauw, 1982; Laya, 1994; Riemersma, van der Horst, Hoekstra, Alink, & Otten, 1990; Törnros, Harms, & Alm, 1997). This is a complex task and as a result the reproduction of road events are often sparse and/or short. In addition, the choice of route may be restricted, involving only one type of road or one type of driving situation (e.g., a tunnel or a straight four-lane highway).

Other methodological features typical of simulator-road validation studies are potentially problematic. Like circuits on simulators, circuits on the road are chosen to reduce environmental variability. This allows comparison between mean speeds on a simulator and in actual road environments. To compare mean speeds, sparse and controlled road driving environments are required. Mean speed measures, therefore, are vulnerable to many factors that may be encountered over the duration of the test and that may vary from moment to moment and from test to test (e.g., in traffic).

Quimby and Watts (1981) have proposed a simpler and easier method for measuring speed on the road. This involves an observer marking down vehicle speeds at specific sites along a preselected route. Participants must be travelling in free speed which is defined as the speed of the vehicle measured when there is a minimum of 4 seconds between the participants' car and the preceding vehicle in the same lane (Preusser et al., 1988; Wasielewski, 1984). Despite its simplicity, this protocol possesses many potential advantages. Locations at which speed is recorded may be purposely selected, based upon specific road conditions, speed limits and previously observed traffic patterns. The measurement of site speed also provides more detailed information about speed behaviors than mean speed, and is less vulnerable to extraneous influences such as traffic that could bias mean speed.

The purpose of the present study was to evaluate the relationship of speed on a simulator and speed on the road in a population at particular risk, young male drivers. Specifically, 19-year old male drivers were exposed to both a road test and a simulator test. Site speed on the road was compared with site speed recorded on the simulator. It was hypothesized that site speed on the simulator would be a good predictor of site speed on the road. The relationship between site and mean speed on the simulator was also examined, since mean speed is a frequently used measure in studies involving a driving simulator. The relationship between mean speed on the simulator and mean speed on the road in a long and complex road tests was

also assessed. It was predicted that the relationship would be less important than the relationship between site speed on the road and on the simulator. Finally, the feasibility of a simple methodology for the validation of simulators was also addressed.

Method

Participants

Twenty 19-year old male drivers were recruited from colleges in the Montreal area. They had responded to poster ads that offered \$25 for their 3-hour participation in the study. Other requirements for participation (in addition to being 19 years of age and male) were the possession of a valid probationary driver's license allowing unsupervised, unrestricted driving, and regular driving experience. All participants were asked to carefully read and sign a consent form. Nineteen out of 20 participants reported driving at least once a week and between 1,000 and 45,000 kilometers in the previous year. Sixteen participants claimed that they had never had an accident while 13 claimed that they had never received a traffic conviction. Table 1 summarizes their driving characteristics.

INSERT TABLE 1 ABOUT HERE

Procedures

Each test session included the administration of a basic information questionnaire and two driving tests, one done on the road and one on a driving simulator located at the *Laboratoire de simulation de conduite de l'Université de Montréal*. The order of presentation of the driving tests was counterbalanced between participants.

Road test

Participants drove a 1993 driving-school equipped Hyundai Sonata automatic on a fixed 24.9 kilometer circuit in Montreal. The vehicle did not bear a company logo but was equipped with a double brake system. The first 2.2 kilometers of the course allowed participants to become familiar with the vehicle. The circuit included 9.8 kilometers in residential, commercial and school areas, 4.0 kilometers on a paved mountain road with sharp curves, 3.4 kilometers in the downtown area, and 5.5 kilometers on a four-lane urban expressway.

Two observers were present in the car, a professional driving instructor in the front seat and an observer seated directly behind the instructor. The former provided instructions to participants concerning the route to follow. Participants were asked to restrict conversation to questions about the driving route or the operation of the car. They were informed that the goal of the study was to improve the driving simulator and were asked to drive as they normally would. The tests were performed on weekdays between 11:30 and 15:15 to control for traffic density (a series of pre-tests had been done to verify this variable). No tests were conducted when there was precipitation or on roads that were not completely dry. The average time required to complete the road test (22.7 kilometers) was 42.68 minutes ($SD = 4.40$).

Free speed was recorded by the rear observer at 11 sites. Pre-testing had determined that there was generally little traffic at these sites when testing would be done. One site was in a 30 km/h zone, seven were in a 50 km/h zone and three were in a 70 km/h zone. Six measures of speed were taken at the first lamppost after a speed limit sign, a distance ranging from 24.38 to 45.72 meters. The remaining five speed measures were taken at more challenging sites, involving four sharp curves and an expressway entrance ramp. The mean site speed over all 11 locations was then calculated. Mean speed on the road test was calculated by

multiplying the number of kilometers driven by 60 minutes and then dividing by the number of minutes it actually took to complete the test.

Simulator

The fixed-base driving simulator at the *Université de Montréal* consists of a complete car (Honda Civic 1991) facing a 3 by 2.5 meter screen. The images are generated by a Silicon Graphics computer (Indigo Elan R4000) and are projected by a RGB projector. The pedals and the steering wheel as well as the speedometer are fully functional and interactive with the projected images. There is no simulation of moving motorists. While driving sounds are absent a constant background noise is present. The speed is sampled by an IBM-compatible computer.

Speed on the simulator at the *Université de Montréal* has never been directly compared to the speed on the road. However speed on the simulator has been correlated to the number of accidents and convictions (Paradis, 1990) while violations committed on the simulator were associated to speeding convictions on the road (Joly & Bergeron, 1989).

Simulator test

Participants drove on the simulator at free speed for 45.4 kilometers. The first 7.9 kilometers of the task were used to familiarize them with the functioning of the simulator. Participants were presented different scenarios including one used in a previous study by Joly and his colleagues (1997). The same rear seat observer who participated in the road test was present in the passenger front seat of the simulator. She gave instructions to participants that were similar to those provided for the road test, except that the directions were given by road signs appearing on the simulated route. Participants drove an average 40.40 minutes ($SD = 5.44$) on

the 37.5 kilometer circuit. There were two pauses of two minutes each to allow the observer to load new road sections into the computer and to decrease the likelihood of the “simulator sickness”. None of the participants reported any symptoms, however.

Two measures of speed were calculated on the simulator: the site speed and the mean speed for the entire circuit. Site speed was measured by taking free speed 24.38 to 45.72 meters after 29 speed limit signs. This corresponded to the distance between two lampposts on the road. One site was in a 30 km/h zone, 16 in a 50 km/h zone and 12 in a 70 km/h zone. Mean speed for the entire circuit was calculated on the basis of computer sampling taken 4 times per second.

Results

Four different measures of speed were assessed: 1) site speed on the road; 2) mean speed on the road; 3) site speed on the simulator; and 4) mean speed on the simulator. The means and standard deviation of these variables are presented in Table 2. The relationships between the number of years a driver had been licensed, the number of kilometers driven in the past year, the number of accidents and convictions received, the order of presentation of the tests with both measures of speed on the simulator and on the road were also examined.

INSERT TABLE 2 ABOUT HERE

To assess if site speed on the simulator was a good predictor of site speed on the road, a regression analysis was performed. The results showed that site speed on the simulator predicted 47% of the variance of site speed on the road ($R = +.68$, $F(1,18) = 15.68$, $p < .001$). A subsequent analysis was conducted to evaluate the relationship between site speed and mean speed on the simulator. A significant Pearson's one-tailed correlation was uncovered ($r(18) = +.86$, $p < .001$) between

both measures. A significant Pearson's one-tailed correlation was found ($r(18) = +.66, p < .05$) between mean speed on the simulator and site speed on the road. Site speed and mean speed on the simulator were similarly correlated with site speed on the road (see figures 1a-b). The relationship between mean speed on the simulator and mean speed on the road was also assessed. There was a significant Pearson's one-tailed correlation between mean speed on the road and mean speed on the simulator ($r(18) = +.54, p < .05$).

INSERT FIGURES 1a-b ABOUT HERE

Secondary analyses involving paired-sample t tests were conducted in order to evaluate the comparability of the magnitude of the four measures of speed. Site speed on the road was slower than site speed on the simulator ($t(19) = -3.47, p < .05$) and faster than mean speed on the simulator ($t(19) = 6.33, p < .001$). Site speed on the simulator was faster than the mean speed on the simulator ($t(19) = 11.51, p < .001$). Finally, mean speed on the road was slower than mean speed on the simulator ($t(19) = -17.61, p < .001$).

No significant relationships were uncovered between either site and mean speed on the road or the simulator and the following variables: number of years a driver had been licensed, kilometers driven in the past year, accidents, convictions or driving-test order.

Discussion

The primary focus of this exploratory study was the prediction of road site speed using site speed on a simulator. Site speed on the simulator was found to be highly predictive of site speed on the road in a sample of 19-year old males, a known high-risk group for risky driving behavior. This finding is important because site speed possesses many methodological advantages compared to the more

traditional measure of mean speed. Site speed permits the use of road circuits of greater complexity and duration which in turn may contribute to more realistic measures of driving behavior. Locations for the measurement of site speed may be selected based upon specific road conditions, speed limits, and previously observed traffic patterns. Moreover, the use of site speed on the simulator may be more appropriate than mean speed in the study of certain driving challenges. For example, site speed might be more appropriate for studies that target reactions to different kinds of road signs (Alicandri & Walker, 1993), speed reducing measures (Riemersma et al., 1990) or potentially dangerous events or elements. The flexibility of site speed is in contrast to mean speed, which requires an uncomplicated environment with little traffic.

Site speed and mean speed on the simulator were highly correlated with each other as well as with site speed on the road. The relationship between mean speed and site speed on the simulator is of interest because of the popularity of mean speed in driving simulation studies. Both variables were correlated despite the fact that mean speed was calculated from a circuit of 37.5 kilometers while site speed was calculated over a total distance of less than 620 meters. Thus, site speed is a more efficient methodology for the determination of chosen speed. Overall, these findings suggest that site speed is a practical alternative to measures of mean speed in the prediction of road speed using the simulator.

There was a stronger relationship between site speed on the road and on the simulator than between mean speeds. This may be due to the fact that in long and complex road tests mean speed can vary because of factors out of the drivers' control. The large discrepancy between mean speeds on the simulator and on the road seems to support this contention. Even if mean speeds on the road and on the simulator are highly associated, these data showed that site speeds are preferable in long an complex road tests.

A related finding concerned differences in the magnitude between measures of speed. Mean speed on the simulator was found to be significantly slower than site speed on both the simulator and the road. Mean speed involves measurement of speed while stopping, making turns and other maneuvers. In contrast, site speed measures are always obtained while the vehicle is in motion. Moreover, site speed on the simulator was faster than site speed on the road. It could be conjectured that participants perceived less risk on the simulator than on the road. Nevertheless, the high level of correlation between site speed on the simulator and on the road indicates that participants who were driving faster on the simulator are more likely to drive faster on the road.

The issue of the comparability of magnitude of measures on the road and on a simulator has been addressed. Blaauw (1982) distinguished between relative and absolute validity. In this context, relative validity refers to the proportionally equivalent change of speed in response to events on the simulator and on the road. Absolute validity, on the other hand, refers to the equivalence of measures of speed on the road and in a simulator. Törnros et al. (1997) posit that relative validity is more critical than absolute validity if driving simulation is to be a useful research tool. The results of this study clearly support the relative validity of site speed on the road and on the simulator in a sample of young men.

Another aim of this study was to evaluate a simpler methodology for the validation of simulators as a research tool. The driving simulation methodology employed was relatively simple. Many of the technologically complex elements thought to be important in driving simulation, such as the exact reproduction of visual traffic and environmental aspects, sound, kinesthetic movements, and mechanical elements between the simulator and road vehicles, were not employed. The high correlation between measures of speed on the simulator and the road, suggest that methodological complexity may not be a necessary ingredient for accurate prediction of road behavior. However, it is important to note that this

study did not clarify which elements of the simulator test were important in producing the results. Elements that were absent from the tasks employed might also play an important role. Before a simulator task can be evaluated as a screening protocol, further study is needed to clarify which elements are necessary to elicit characteristic speeding behaviors in a simulator.

Limitations of the findings

A number of limitations of the present study warrant discussion. We used a sample of 19-year old male drivers. Therefore, the findings reported here might not be generalizable to other groups, such as older drivers and females. In addition, previous research has shown that older drivers perform relatively poorly on simulators compared to their performance on the road (Edwards et al., 1977).

Another limitation concerns the generalizability of driving behavior when observed in research. One could argue that drivers participating in a study may not drive as they would normally in the real world. In their pilot study, McPherson and McKnight (1981) showed there was no relationship between drivers' speed during and after their driving license test. However, there are two important differences between research and licensing road tests: 1) the significance of the test for drivers; and 2) the length. Drivers who want to get their driving license have a lot to lose if they fail (e.g., money, time and mobility) while participants in a research study experience none of these consequences.

Road tests for licensing are usually of shorter duration than road tests in research studies. The pilot study of McPherson and McKnight (1981) lasted 20 minutes. In Canada, a driving test lasts approximately half an hour and combines inspection of the vehicle and evaluation of parking maneuvers among other activities (Mayhew & Simpson, 1995). According to McKnight and Stewart (cited in Mayhew & Simpson, 1995, p. 204) "While performance on a brief drive test

drivers know and are able to do, it provides little insight into an applicant's normal driving habits." In support of this contention, studies using long road tests where participants drove the vehicle for more than 26 kilometers have generated results comparable to those obtained under more naturalistic circumstances, such as by covert observation of driving behavior or examination of drivers' files (Lajunen et al., 1997; Quimby & Watts, 1981; West et al., 1993; Wilson & Greensmith, 1983). While McKnight and Stewart considered a long road test as lasting one hour or more we feel that 45 minutes (including practices) on both the road and simulator tests was sufficient for participants to habituate to the testing situation and drive normally. In support of this possibility, all participants in this study exceeded the speed limits at the three speed limit zones. Moreover a large proportion exceeded the speed limits by more than 10 km/h. In contrast McPherson and McKnight (1981) found that in a driving license test only 5% of the drivers exceeded the speed limits.

Acknowledgments – This research was supported by le Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (Fonds FCAR) [Foundation for support of research and training of researchers]; le ministère des Transports du Québec [Quebec Ministry of Transport]; and la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) [Quebec society for auto insurance]. The authors would like to thank Dr. Thomas G. Brown of the Douglas Hospital Research Center in Verdun, Québec for his help in the translation of the text from the original French version and Mr. Pierro Hirsch, M.Sc. for his proofreading of the draft.

References

- Åberg, L., Larsen, L., Glad, A., & Beilinsson, L. (1997). Observed vehicle speed and drivers' perceived speed of others. Applied Psychology: An International Review, 46(3), 287-302.
- Adams-Guppy, J. R., & Guppy, A. (1995). Speeding in relation to perceptions of risk, utility and driving style by British company car drivers. Ergonomics, 38(12), 2525-2535.
- Alicandri, E., & Walker, J. (1993). A simulator evaluation of advance flagger signs. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting (pp. 602-606). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Allen, R. W., Klein, R. H., & Ziedman, K. (1979). Automobile research simulators: A review and new approaches. Transportation Research Record, 706, 9-15.
- Basch, C. E., De Cicco, I. M., & Malfetti, J. L. (1987). Perceptions, attitudes, motivations, and behaviors of drivers 18 to 22 years old. Falls Church, VA: AAA Foundation for Traffic Safety.
- Beirness, D. J., & Simpson, H. M. (1997). Study of the profile of high-risk drivers. (Publication No. TP-13108 E). Ottawa, Canada: Transport Canada.
- Blaauw, G. J. (1982). Driving experience and task demands in simulator and instrumented car: A validation study. Human Factors, 24(4), 473-486.
- Blokey, P. N., & Hartley, L. R. (1995). Aberrant driving behaviour: Errors and violations. Ergonomics, 38(9), 1759-1771.
- Bowie, N. N., & Walz, M. (1994). Data analysis of the speed-related crash issue. Auto & Traffic Safety, 1, 31-38.
- Clarke, R. V. (1996). The distribution of deviance and exceeding the speed limit. The British Journal of Criminology, 36(2), 169-181.
- Edwards, D. S., Hahn, C. P., & Fleishman, E. A. (1977). Evaluation of laboratory methods for the study of driver behavior: Relations between simulator and street performance. Journal of Applied Psychology, 62(5), 559-566.
- Galín, D. (1981). Speeds on two-lane rural roads - a multiple regression analysis. Traffic Engineering & Control, 22, 453-460.

- Guimont, L. (1990). Relevé des vitesses pratiquées au Québec - Rapport de l'opération 1989. (Rapport Transports Québec No. RTQ-90-04). Québec, Canada: ministère des Transports du Québec.
- Harrington, D. M., & McBride, R. S. (1970). Traffic violations by type, age, sex, and marital status. Accident Analysis & Prevention, 2, 67-79.
- Hemenway, D., & Solnick, S. J. (1993). Fuzzy dice, dream cars, and indecent gestures: Correlates of driver behavior? Accident Analysis & Prevention, 25(2), 161-170.
- Joly, P., & Bergeron, J. (1989). Étude psychophysiological de la prise de risque dans une tâche de conduite automobile simulée. Compte-rendus de la Conférence Canadienne Multidisciplinaire sur la Sécurité Routière, VI, 79-90.
- Joly, P., Gilbert, M., Paquette, M., Perraton, F., & Bergeron, J. (1997). Performance in a driving simulator and intention to take risk on the road among learner and experienced young drivers. In K. Brookhuis, D. de Waard, & C. Weikert (Eds.), Simulators and Traffic Psychology. Proceedings of the HFES Europe Chapter Annual Meeting in Haren (pp. 125-138). University of Groningen, The Netherlands: Centre for Environmental and Traffic Psychology.
- Lajunen, T., Karola, J., & Summala, H. (1997). Speed and acceleration as measures of driving style in young male drivers. Perceptual and Motor Skills, 85, 3-16.
- Laya, O. (1994). De l'expérimentation en vraie grandeur à la simulation (partie II). In G. Malaterre, & D. Lechner (Eds.), Simulation de la conduite automobile : Validité dans une problématique de recherche (pp. 60-72). Arcueil, France: Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS).
- Marret, J.-L. (1994). En vitesse ou en sécurité? Québec, Canada: Société de l'assurance automobile du Québec.
- Mayhew, D., & Simpson, H. (1995). The role of driving experience. Implications for the training and licensing of new drivers. Toronto, Canada: Insurance Bureau of Canada.
- McKnight, A. J., & Stewart, M. A. (1990). Development of a competency based driver license testing system. Landover, MD: National Public Services Research Institute.
- McPherson, K., & McKnight, A. J. (1981). Automobile driver on-road performance test (Volume 1 - Final Report). Washington, DC: US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.

- National Highway Traffic Safety Administration. (1999). Traffic Safety Facts 1998: Speeding. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Paradis, J. (1990). Motivation et réactivité psychophysiologique. Étude des comportements adoptés au cours d'une tâche de conduite automobile simulée. Unpublished master's thesis. Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada.
- Preusser, D. F., Lund, A. K., Williams, A. F., & Blomberg, R. D. (1988). Belt use by high-risk drivers before and after New York's seat belt use law. Accident Analysis & Prevention, 20(4), 245-250.
- Quimby, A. R., & Watts, G. R. (1981). Human factor and driver performance. (TRRL Laboratory Report 1004). Crowthorne, U.K.: Transport and Road Research Laboratory.
- Rajalin, S. (1994). The connection between risky driving and involvement in fatal accidents. Accident Analysis & Prevention, 26(5), 555-562.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: A real distinction? Ergonomics, 33(10-11), 1315-1332.
- Retting, R. A., & Williams, A. F. (1996). Characteristics of red light violators: Result of a field investigation. Journal of Safety Research, 27(1), 9-15.
- Riemersma, J. B. J., van der Horst, A. R. A., Hoekstra, W., Alink, G. M. M., & Otten, N. (1990). The validity of a driving simulator in evaluating speed-reducing measures. Traffic Engineering & Control, 31(7), 416-420.
- Rolls, G. W. P., Hall, R. D., Ingham, R., & McDonald, M. (1991). Accident risk and behavioural patterns of younger drivers. Birmingham, England: AA Foundation for Road Safety Research.
- Société de l'assurance automobile du Québec. (1995). Les infractions et les sanctions reliées à la conduite d'un véhicule routier 1990 à 1994. Québec, Canada: Author.
- Société de l'assurance automobile du Québec. (1998). [Nombre d'excès de vitesse selon les caractéristiques des contrevenants 1992-1997]. Unpublished table. Québec, Canada: Author.
- Shibata, A., & Fukuda, K. (1994). Risk factors of fatality in motor vehicle traffic accidents. Accident Analysis & Prevention, 26(3), 391-397.

- Steensberg, J. (1994). Accidental road traffic deaths: Prospects for local prevention. Accident Analysis & Prevention, 26(1), 1-9.
- Storie, V. J. (1977). Male and female car drivers: Differences observed in accidents. (TRRL Laboratory Report 761). Crowthorne, U.K.: Transport and Road Research Laboratory.
- Summala, H., Näätänen, R., & Väisänen, M. (1984). Deviant speeds are dangerous: Who use them? Le Travail Humain, 47(2), 177-182.
- Törnros, J., Harms, L., & Alm, H. (1997). The VTI driving simulator - Validation studies. (VTI särtryck 279). Linköping, Sweden: Swedish Road and Transport Research Institute (VTI).
- Trinkaas, J. (1996). Compliance with a school zone speed limit: An informal look. Perceptual and Motor Skills, 82, 433-434.
- Wasielewski, P. (1984). Speed as a measure of driver risk: Observed speeds versus driver and vehicle characteristics. Accident Analysis & Prevention, 16(2), 89-103.
- West, R., French, D., Kemp, R., & Elander, J. (1993). Direct observation of driving, self reports of driver behaviour, and accident involvement. Ergonomics, 36(5), 557-567.
- Wilson, T., & Greensmith, J. (1983). Multivariate analysis of the relationship between drivometer variables and drivers' accident, sex, and exposure status. Human Factors, 25(3), 303-312.

Table 1

Means and standard deviations of driving characteristics

(N = 20)

	<u>M</u>	<u>SD</u>
Driving license (in years)	2.33	0.59
Number of driving day/week	4.68	2.18
Kilometers driven per year	10,393.00	11,142.78

Table 2
Participants' (N = 20) speeds on the road and on the simulator

	<u>M</u>	<u>SD</u>
Site speed on the road	64.43	3.24
Mean speed on the road	32.44	3.08
Site speed on the simulator	71.18	10.60
Mean speed on the simulator	56.51	7.20

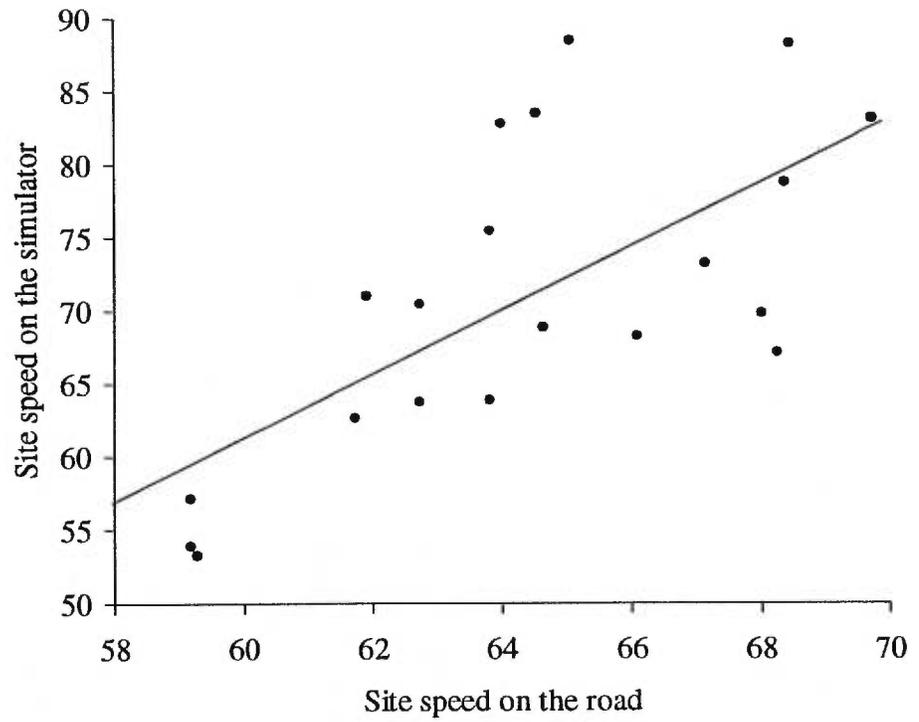


Figure 1a. Scatter plot of site speed on the road (km/h) versus site speed on the simulator (km/h).

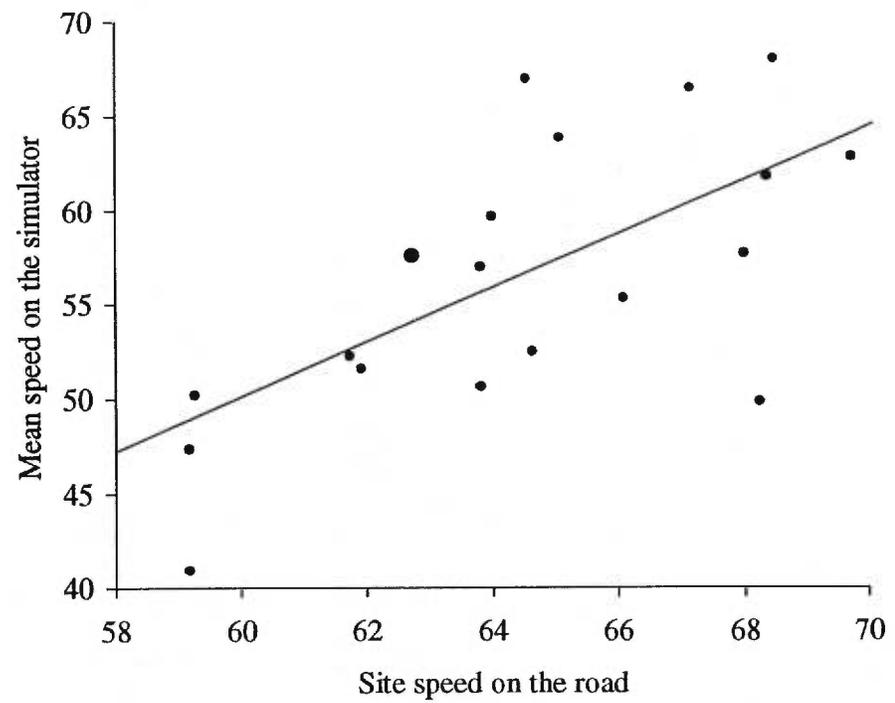


Figure 1b. Scatter plot of site speed on the road (km/h) versus mean speed on the simulator (km/h).

Discussion

Le but principal de cette étude était d'évaluer le potentiel du simulateur de conduite de l'Université de Montréal dans la prédiction de la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins. Les résultats démontrent que la vitesse à des sites spécifiques dans le simulateur permet de prédire 47 % de la variance de la vitesse à des sites spécifiques sur la route. La prise en note de la vitesse à des sites spécifiques par un observateur présent dans le véhicule est adéquate pour la validation des simulateurs utilisés pour la prédiction d'un comportement routier à risque. Comparée à l'utilisation de la vitesse moyenne, cette méthode offre plusieurs avantages. Elle permet la conception de tests routiers longs et complexes incluant plusieurs éléments de la conduite, ce qui semble favoriser chez les conducteurs la manifestation de comportements habituels. De plus, elle est plus adéquate que la vitesse moyenne dans différents types d'études portant, par exemple, sur les effets de l'introduction de nouveaux panneaux routiers (Alicandri & Walker, 1993) et sur la réaction face à de nouveaux éléments tels les mesures de réduction de vitesse (Riemersma et al., 1990).

Le premier objectif complémentaire de cette étude consistait à établir l'importance du lien entre la vitesse à des sites spécifiques et la vitesse moyenne dans le simulateur de conduite. Les résultats démontrent que ces deux variables sont très fortement corrélées. Elles ont aussi une corrélation similaire avec la vitesse adoptée sur la route à des sites spécifiques. L'examen du lien entre les deux mesures de vitesse dans le simulateur se justifie, puisque la majorité des études s'intéressant à la vitesse en simulation de conduite utilise la vitesse moyenne, alors que très peu d'études ont porté sur la vitesse à des sites spécifiques. Les deux mesures de vitesse obtenues à l'aide du simulateur sont équivalentes, même si la vitesse moyenne est calculée sur 37,5 kilomètres alors que la portion retenue pour les sites spécifiques totalise un peu plus de 600 mètres. Ces résultats démontrent

que la vitesse à des sites spécifiques est une bonne alternative à la vitesse moyenne dans la prédiction de la vitesse adoptée sur la route.

Le second objectif complémentaire visait à démontrer la prépondérance de la vitesse à des sites spécifiques sur la vitesse moyenne dans un test routier long et complexe. Les résultats démontrent que la relation entre les vitesses à des sites spécifiques est plus élevée que la relation entre les vitesses moyennes. Le calcul de la vitesse moyenne sur la route dans ce type de test est moins adéquat que la prise en note de la vitesse à des sites spécifiques puisque la vitesse moyenne peut varier à cause de facteurs hors du contrôle des conducteurs. D'ailleurs, les résultats démontrent que la vitesse moyenne des participants pendant le test routier est moins élevée de près de 25 km/h que leur vitesse moyenne en simulation de conduite. Même si la relation entre les vitesses moyennes est tout de même importante, les résultats de cette étude démontrent que la vitesse à des sites spécifiques sur la route devrait être privilégiée dans des tests routiers longs et complexes.

La comparaison de trois des mesures de vitesse (à des sites spécifiques sur la route, à des sites spécifiques dans le simulateur et la vitesse moyenne dans le simulateur), troisième objectif complémentaire, démontre qu'elles sont toutes trois différentes. La vitesse moyenne dans le simulateur de conduite est moins élevée que la vitesse à des sites spécifiques dans le simulateur et sur la route. Ce résultat n'est pas étonnant puisque la vitesse moyenne du trajet effectué comprend plusieurs manœuvres (arrêts, virages et autres). De son côté, la vitesse à des sites spécifiques est enregistrée en circulation libre ce qui signifie qu'elle ne comprend que des endroits où le conducteur circule sans que sa vitesse ne soit entravée par des éléments de l'environnement routier ou par la circulation. Par ailleurs, les conducteurs circulent plus rapidement aux sites spécifiques dans le simulateur que sur la route. Plusieurs explications peuvent être avancées afin d'expliquer ce phénomène. Il est possible que les conducteurs perçoivent moins de risques en

simulation de conduite, ce qui les amèneraient à conduire plus rapidement. La réduction ou l'absence de stimuli visuels, kinesthésiques et sonores dans le simulateur, comparativement à la conduite en situation réelle, a aussi pu affecter le niveau de stress ressenti par les participants et les amener à modifier leurs comportements. Malgré toutes les suggestions possibles pour expliquer cette différence, il est démontré que les participants qui conduisent rapidement dans le simulateur sont plus susceptibles de conduire rapidement sur la route.

L'importance des différences entre les variables mesurées en situations de conduite simulée et réelle est discutée par plusieurs auteurs. Blaauw (1982) fait la distinction entre la validité relative et la validité absolue. La validité relative fait référence à des changements proportionnellement équivalents dans la mesure des comportements en réponse aux événements routiers et simulés, alors que la validité absolue indique que les mesures des comportements sont égales. Selon Törnros et al. (1997), seule la validité relative est nécessaire pour qu'un simulateur de conduite soit un bon outil de recherche. La présente étude démontre clairement que le simulateur de l'Université de Montréal possède une bonne validité relative en ce qui a trait à la vitesse et que, par conséquent, il constitue un bon outil de recherche.

Le but du quatrième objectif complémentaire était d'estimer si les participants ont pu conduire selon leur façon habituelle pendant le test routier en examinant le pourcentage de conducteurs ayant dépassé les limites de vitesse prescrites. Le calcul des pourcentages démontre que les participants ont tous excédé les limites prescrites dans les trois zones de vitesse (30, 50 et 70 km/h). La proportion de participants ayant excédé les limites de vitesse de plus de 10 km/h et de plus de 15 km/h est respectivement de 75 % et 60 % dans la zone de 30 km/h; de 30 % et 0 % dans les zones de 50 km/h et de 80 % et 50 % dans les zones de 70 km/h. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par McPherson et McKnight (1981) qui avaient constaté que seulement 5 % des conducteurs dépassaient les limites de vitesse pendant leur examen pratique. Dans la présente étude, les différences entre les

pourcentages sont difficilement interprétables sans tenir compte, entre autres, des caractéristiques des sites où la vitesse a été prise en note et de la petite taille de l'échantillon. Cependant, on retrouve des résultats similaires dans la documentation scientifique. Ainsi, l'observation systématique de la vitesse adoptée sur la route démontre que le pourcentage d'excès des limites de vitesse prescrites dépasse les 45 % (Åberg et al., 1997; Beirness & Simpson, 1997; Clarke, 1996; Guimont, 1990; Trinkaus, 1996). Notamment, Trinkaus (1996) a observé que 90 % des conducteurs qui circulaient dans une zone scolaire de 32 km/h (20 mph) excédaient la limite de vitesse. Les résultats obtenus sur les routes du Québec sont aussi comparables aux résultats de la présente étude. L'observation systématique de la vitesse indique que 39 % des conducteurs circulaient à plus de 10 km/h de la limite de 50 km/h (Guimont, 1990) et que 38 % des conducteurs circulaient à plus de 15 km/h de la limite de 70 km/h (Brault, 1995). Les résultats obtenus permettent de penser que la vitesse des conducteurs en simulation de conduite peut être représentative de la vitesse à laquelle ils circulent habituellement.

Un but sous-jacent à cette étude, qui correspond au cinquième objectif complémentaire, était d'évaluer le potentiel d'une méthode simplifiée de validation des simulateurs destinés à la prédiction d'un comportement routier à risque. Les résultats démontrent que, pour les études portant sur un comportement à risque, il n'est pas nécessaire de reproduire avec exactitude tous les éléments de la réalité routière (p. ex., aspect visuel élaboré, circulation, mouvements kinesthésiques, correspondance mécanique entre les véhicules). Le simulateur de conduite de l'Université de Montréal n'a pas la propriété de reproduire les mouvements kinesthésiques et l'environnement sonore. La simulation n'est toutefois pas exempte de sons puisque l'usage du simulateur génère un bruit de fond constant. La version du simulateur utilisée dans cette étude ne permettait pas la reproduction de la circulation environnante ni d'un aspect visuel élaboré. Il n'y avait pas non plus de correspondance entre les deux véhicules : une Honda Civic 1991 dans la simulation et une Hyundai Sonata 1993 dans le test routier. La corrélation élevée

entre la vitesse dans le simulateur et sur la route, observée à l'aide d'une méthode de recherche simple, indique que pour certains types de recherche une correspondance importante entre l'environnement simulé et réel n'est peut-être pas nécessaire. Selon Neboit et Laya (1982), parce que le but premier de la simulation est le contrôle et la manipulation des variables, il n'est pas souhaitable de créer un environnement simulé qui soit une reproduction complète de l'environnement réel.

Bien que la méthode utilisée dans la présente étude ait mis l'accent sur la longueur du test, sur sa complexité (différents types de routes et de limites de vitesse) et sur l'observation de la vitesse à des sites spécifiques en circulation libre, il est important de préciser qu'il est impossible d'affirmer que ces éléments sont les seuls ayant contribué aux résultats obtenus. Il est plus que probable que d'autres éléments présents dans la simulation, ne serait-ce que la composition de l'aspect visuel simplifié, aient joué un rôle important. Il est aussi possible que la présence de certains des éléments absents ait pu faire augmenter l'importance de la relation observée. Les résultats obtenus ne permettent pas non plus d'identifier ces éléments. D'autres études doivent donc identifier les éléments essentiels à la reproduction des comportements de vitesse habituels des conducteurs en simulation de conduite.

Enfin, le dernier objectif complémentaire visait à évaluer l'influence sur la vitesse adoptée dans le simulateur et sur la route des seules variables connues variant entre les participants : le nombre d'années d'expérience de conduite, le nombre de kilomètres parcourus au cours de la dernière année, le nombre de contraventions et d'accidents, et l'ordre de passation des tests (simulation de conduite et test routier). Aucune association significative n'a pu être démontrée entre ces variables et les vitesses dans le simulateur et sur la route. Ces résultats n'invalident pas ceux de Paradis (1990), qui avait sélectionné les participants en fonction de leur dossier de conduite. Paradis avait démontré que les jeunes conducteurs ayant un mauvais dossier conduisaient plus rapidement dans le

simulateur que les jeunes conducteurs ayant un dossier vierge. La petite taille du présent échantillon et le fait que les participants n'ont pas été sélectionnés en fonction de leur dossier de conduite peuvent expliquer en partie l'absence de résultat.

Évaluation des comportements routiers à risque

L'utilisation de la simulation de conduite à des fins d'évaluation des conducteurs manifestant des comportements routiers à risque est suggérée par Allen et al. (1979) et Mayhew et Simpson (1995). L'étude des comportements à risque pourrait aussi bénéficier de cette méthode (Neboit & Laya, 1982). Cependant, les simulateurs de conduite sont rarement utilisés à ces fins car leurs coûts d'utilisation sont très élevés et parce que les comportements à risque manifestés en simulation de conduite ont rarement été validés en situation de conduite réelle.

Cette étude démontre que le simulateur de conduite de l'Université de Montréal est un outil de recherche qui permet de bien prédire la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins. Des études subséquentes sont nécessaires afin d'évaluer si les résultats obtenus dans un contexte de recherche peuvent être reproduits dans un contexte de prévention. Cependant, il est déjà possible de déterminer que la mise en pratique de programmes de détection des conducteurs à risque, à des fins de prévention, nécessiterait un transfert de technologie vers des simulateurs de conduite (ou techniques de simulation) moins complexes et peu dispendieux. Allen, Stein, Aponso, Rosenthal et Hogue (1990) ont signalé le potentiel de tels simulateurs pour la formation et l'évaluation des conducteurs. Dans un contexte de transfert de technologie, l'identification des éléments nécessaires à la reproduction des comportements de vitesse habituels prend ainsi toute son importance. Il est aussi important d'ajouter que l'identification d'éléments qui entraîneraient des coûts trop élevés pourrait menacer

l'utilisation des simulateurs de conduite à des fins de prévention de la conduite à une vitesse élevée.

Limites dans la généralisation des résultats obtenus

Les résultats pourraient ne pas être généralisables à des conducteurs plus âgés ou à des conductrices, puisqu'ils ont été obtenus auprès de jeunes conducteurs masculins âgés de 19 ans. D'autres études doivent vérifier cette question. Cependant, quelques études ont déjà démontré qu'en simulation de conduite, certaines réactions et comportements des conducteurs plus âgés et des conductrices sont différents de ceux des jeunes conducteurs masculins. Comparés aux jeunes conducteurs, les conducteurs plus âgés ont eu une performance inférieure, ce qui contrastait avec leur rendement sur la route (Edwards et al., 1977). Ils ont aussi souffert plus souvent, tout comme les conductrices, du mal du simulateur (*simulator sickness*) (Hein, 1993). Il semble donc possible que la prédiction de la vitesse sur la route à l'aide du simulateur de conduite puisse être différente chez ces conducteurs. Malgré le fait que cette méthode de prédiction ne soit pas validée chez les conducteurs plus âgés et chez les conductrices, elle vise d'abord les jeunes conducteurs masculins, puisqu'ils sont les plus à risque de circuler à grande vitesse.

Contrôle de variables de l'environnement social

En contexte de recherche, un test routier long et complexe peut favoriser chez les conducteurs la manifestation de comportements habituels. Cependant, deux autres facteurs peuvent influencer la vitesse qu'ils adoptent : la présence de passagers dans le véhicule et le phénomène de la désirabilité sociale. Certains auteurs ont constaté que la présence de passagers, connus des conducteurs, influencent légèrement la vitesse à laquelle ils circulent (Wasielewski, 1984; Baxter et al., 1990). Tel que démontré précédemment, l'étude de McPherson et McKnight (1981) indique que les examens pratiques, avec présence d'observateurs inconnus

dans le véhicule, ne permettent pas aux conducteurs de manifester des comportements similaires à leurs comportements habituels. Cependant, les tests routiers effectués dans le cadre d'études scientifiques, avec présence d'observateurs inconnus, ont généré des résultats comparables à ceux obtenus à l'aide d'autres méthodes d'évaluation des comportements (Lajunen et al., 1997; Quimby & Watts, 1981; West, French et al., 1993; Wilson & Greensmith, 1983). Dans la présente étude, il y avait deux observateurs dans le véhicule et un dans le simulateur de conduite. La présence d'un observateur dans le simulateur n'était pas nécessaire à l'administration du test mais visait l'uniformisation des conditions de passation. Dans le test routier, la méthode employée ne permettait pas de comparer l'effet de la présence de passagers sur la vitesse adoptée par les conducteurs. Par contre, si les participants ont modifié leur vitesse pendant le test routier à cause de la présence des passagers, il est possible de penser qu'ils l'ont aussi modifiée en simulation de conduite.

Le second facteur ayant pu influencer la vitesse des conducteurs est le phénomène de la désirabilité sociale (Lajunen et al., 1997). Ce phénomène est généralement présent dans les études menées à l'aide de participants humains. Il n'est donc pas particulier aux tests routiers. Cependant, une attention spéciale a été apportée à ce phénomène dans cette étude. Les participants ont été informés que le but de l'étude était de développer le simulateur de conduite. Naturellement, le but réel leur a été expliqué à la fin de la séance de tests. À trois reprises, il leur a été demandé de conduire selon leur façon habituelle, car toute tentative de modification de leurs comportements habituels aurait été à l'encontre des buts de l'étude (dans l'explication verbale du formulaire de consentement et avant de débiter le test routier et le test en simulation de conduite). On peut donc supposer que, si les participants ont cherché à se conformer aux attentes des observateurs, ils ont conduit selon leur façon habituelle, ce qui convient à cette étude.

Conclusion

Une méthode de prédiction de la vitesse à laquelle les jeunes conducteurs masculins circulent sur la route permettrait de cibler ceux dont la propension à conduire à une vitesse élevée est manifeste. Le but de cette étude était de valider le simulateur de conduite de l'Université de Montréal à cette fin en mettant l'accent sur la correspondance entre la vitesse adoptée par ces conducteurs à des sites spécifiques en situations de conduite simulée et réelle.

Les résultats obtenus sont prometteurs puisque la simulation de conduite s'avère une bonne méthode de prédiction de la vitesse adoptée sur la route par de jeunes conducteurs masculins dans un contexte de recherche. Cependant, d'autres études doivent être menées afin de déterminer le potentiel de la simulation de conduite dans l'évaluation des conducteurs à risque dans un contexte de prévention. De plus, les éléments de la simulation de conduite essentiels à la manifestation des comportements de vitesse habituels des conducteurs doivent être clairement identifiés.

Références

- Åberg, L., Larsen, L., Glad, A., & Beilinson, L. (1997). Observed vehicle speed and drivers' perceived speed of others. Applied Psychology: An International Review, 46(3), 287-302.
- Adams-Guppy, J. R., & Guppy, A. (1995). Speeding in relation to perceptions of risk, utility and driving style by British company car drivers. Ergonomics, 38(12), 2525-2535.
- Alicandri, E., & Walker, J. (1993). A simulator evaluation of advance flagger signs. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting (pp. 602-606). Santa Monica, CA : Human Factors Society.
- Allen, R. W., Klein, R. H., & Ziedman, K. (1979). Automobile research simulators: A review and new approaches. Transportation Research Record, 706, 9-15.
- Allen, R. W., Stein, A. C., Aponso, B. L., Rosenthal, T. J., & Hogue, J. R. (1990). Low-cost part task driving simulator using microcomputer technology. Transportation Research Record, 1270, 107-113.
- Basch, C. E., De Cicco, I. M., & Malfetti, J. L. (1987). Perceptions, attitudes, motivations, and behaviors of drivers 18 to 22 years old. Falls Church, VA : AAA Foundation for Traffic Safety.
- Baxter, J. S., Manstead, A. S. R., Stradling, S. G., Campbell, K. A., Reason, J. T., & Parker, P. (1990). Social facilitation and driver behaviour. British Journal of Psychology, 81, 351-360.
- Beirness, D. J., & Simpson, H. M. (1997). Study of the profile of high-risk drivers. (Publication No. TP-13108 E). Ottawa, Canada : Transport Canada.
- Biehl, B., Fischer, G. H., Häcker, H., Klebelsberg, D., & Seydel, U. (1975). A comparison of the factor loading matrices of two driver behaviour investigations. Accident Analysis & Prevention, 7, 161-178.
- Blaauw, G. J. (1982). Driving experience and task demands in simulator and instrumented car: A validation study. Human Factors, 24(4), 473-486.
- Blockey, P. N., & Hartley, L. R. (1995). Aberrant driving behaviour: Errors and violations. Ergonomics, 38(9), 1759-1771.
- Bowie, N. N., & Walz, M. (1994). Data analysis of the speed-related crash issue. Auto & Traffic Safety, 1, 31-38.

- Brault, M. (1995). Enquête-pilote. Relevés de vitesse sur les routes du Québec 1993-1994. Québec, Canada : Société de l'assurance automobile du Québec.
- Clarke, R. V. (1996). The distribution of deviance and exceeding the speed limit. The British Journal of Criminology, 36(2), 169-181.
- Cooper, P. J. (1997). The relationship between speeding behaviour (as measured by violation convictions) and crash involvement. Journal of Safety Research, 28(2), 83-95.
- Cooper, P. J., Pinili, M., & Chen, W. (1995). An examination of the crash involvement rates of novice drivers aged 16 to 55. Accident Analysis & Prevention, 27(1), 89-104.
- De Waard, D., & Brookhuis, K. A. (1991). Assessing driver status: A demonstration experiment on the road. Accident Analysis & Prevention, 23(4), 297-307.
- Duncan, J., Williams, P., & Brown, I. D. (1991). Components of driving skill: Experience does not mean expertise. Ergonomics, 34(7), 919-937.
- Edwards, D. S., Hahn, C. P., & Fleishman, E. A. (1977). Evaluation of laboratory methods for the study of driver behavior: Relations between simulator and street performance. Journal of Applied Psychology, 62(5), 559-566.
- Engel, U., & Thomsen, L. K. (1992). Safety effects of speed reducing measures in Danish residential areas. Accident Analysis & Prevention, 24(1), 17-28.
- Evans, L. (1987). Young driver involvement in severe car crashes. Alcohol, Drugs, and Driving, 3(3-4), 63-78.
- Evans, L. (1991). Traffic Safety and the Driver. New York, NY : Van Nostrand Reinhold.
- Finch, D. J., Kompfner, P., Lockwood, C. R., & Maycock, G. (1994). Speed, speed limits and accidents (Project Report 58). Crowthorne, Royaume-Uni : Transport Research Laboratory.
- French, D. J., West, R. J., Elander, J., & Wilding, J. M. (1993). Decision-making style, driving style, and self-reported involvement in road traffic accidents. Ergonomics, 36(6), 627-644.
- Galin, D. (1981). Speeds on two-lane rural roads - a multiple regression analysis. Traffic Engineering & Control, 22, 453-460.

- Garber, S., & Graham, J. D. (1990). The effects of the new 65 mile-per-hour speed limit on rural highway fatalities: A state-by-state analysis. Accident Analysis & Prevention, 22(2), 137-149.
- Guimont, L. (1990). Relevé des vitesses pratiquées au Québec - Rapport de l'opération 1989. (Rapport Transports Québec No. RTQ-90-04). Québec, Canada : ministère des Transports.
- Haight, F. A. (1985). The place of safety research in transportation research. Transportation Research, 19A, 373-376.
- Harms, L. (1996). Driving performance on a real road and in a driving simulator: Results of a validation study. Dans A. G. Gale et al. (Éds), Vision in Vehicles - V (pp. 19-25). Hollande : Elsevier Science B. V.
- Harrington, D. M., & McBride, R. S. (1970). Traffic violations by type, age, sex, and marital status. Accident Analysis & Prevention, 2, 67-79.
- Hein, C. M. (1993). Driving simulators: Six years of hands-on experience at Hughes Aircraft Company. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting (pp. 607-611). Santa Monica, CA : Human Factors Society.
- Hemenway, D., & Solnick, S. J. (1993). Fuzzy dice, dream cars, and indecent gestures: Correlates of driver behavior? Accident Analysis & Prevention, 25(2), 161-170.
- Hirsch, P. (1997). An explanatory study of the abilities of professional driving teachers to detect high-risk young drivers prior to their licensure. Mémoire de maîtrise inédit, Université de Montréal.
- Joly, P., & Bergeron, J. (1989). Étude psychophysiological de la prise de risque dans une tâche de conduite automobile simulée. Compte-rendus de la Conférence Canadienne Multidisciplinaire sur la Sécurité Routière, VI, 79-90.
- Jonah, B. A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. Accident Analysis & Prevention, 18(4), 255-271.
- Jonah, B. A., & Dawson, N. E. (1987). Youth and Risk: Age differences in risky driving, risk perception, and risk utility. Alcohol Drugs and Driving, 3(3-4), 13-29.
- Karpf, R. S., & Williams, A. F. (1983). Teenage drivers and motor vehicle deaths. Accident Analysis & Prevention, 15(1), 55-63.

- Laapotti, S., & Keskinen, E. (1998). Differences in fatal loss-of-control accidents between young male and female drivers. Accident Analysis & Prevention, 30(4), 435-442.
- Lajunen, T., Karola, J., & Summala, H. (1997). Speed and acceleration as measures of driving style in young male drivers. Perceptual and Motor Skills, 85, 3-16.
- Laya, O. (1994). De l'expérimentation en vraie grandeur à la simulation (partie II). Dans In G. Malaterre & D. Lechner (Éds.), Simulation de la conduite automobile : Validité dans une problématique de recherche (pp. 60-72). Arcueil, France : Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS).
- Marret, J.-L. (1994). En vitesse ou en sécurité? Québec, Canada : Société de l'assurance automobile du Québec.
- Mayhew, D., & Simpson, H. (1995). The role of driving experience. Implications for the training and licensing of new drivers. Toronto, Canada : Insurance Bureau of Canada.
- McKnight, A. J., & Stewart, M. A. (1990). Development of a competency based driver license testing system. Landover, MD : National Public Services Research Institute.
- McPherson, K., & McKnight, A. J. (1981). Automobile driver on-road performance test (Volume 1 - Final Report). Washington, DC : U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Neboit, M., & Laya, O. (1982). Intérêts et limites de la simulation dans les études sur le comportement des conducteurs. Étude bibliographique. Rapport publié par le Laboratoire de Psychologie de l'ONSER.
- National Highway Traffic Safety Administration. (1999). Traffic Safety Facts 1998: Speeding. Washington, DC : U.S. Department of Transportation.
- Paradis, J. (1990). Motivation et réactivité psychophysiologique. Étude des comportements adoptés au cours d'une tâche de conduite automobile simulée. Mémoire de maîtrise inédit, Université de Montréal.
- Preusser, D. F., Lund, A. K., Williams, A. F., & Blomberg, R. D. (1988). Belt use by high-risk drivers before and after New York's seat belt use law. Accident Analysis & Prevention, 20(4), 245-250.

- Quimby, A. R., & Watts, G. R. (1981). Human factor and driver performance. (TRRL Laboratory Report 1004). Crowthorne, Royaume-Uni : Transport and Road Research Laboratory.
- Rajalin, S. (1994). The connection between risky driving and involvement in fatal accidents. Accident Analysis & Prevention, 26(5), 555-562.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: A real distinction? Ergonomics, 33(10-11), 1315-1332.
- Riemersma, J. B. J., van der Horst, A. R. A., Hoekstra, W., Alink, G. M. M., & Otten, N. (1990). The validity of a driving simulator in evaluating speed-reducing measures. Traffic Engineering & Control, 31(7), 416-420.
- Rolls, G. W. P., Hall, R. D., Ingham, R., & McDonald, M. (1991). Accident risk and behavioural patterns of younger drivers. Birmingham, Angleterre : AA Foundation for Road Safety Research.
- Société de l'assurance automobile du Québec. (1995). Les infractions et les sanctions reliées à la conduite d'un véhicule routier 1990 à 1994. Québec, Canada : Auteur.
- Société de l'assurance automobile du Québec. (1998). [Nombre d'excès de vitesse selon les caractéristiques des contrevenants 1992-1997]. Tableau inédit. Québec, Canada : Auteur.
- Société de l'assurance automobile du Québec. (1999). Bilan 1998 - Accidents, parc automobile, permis de conduire. Québec, Canada : Auteur.
- Shibata, A., & Fukuda, K. (1994). Risk factors of fatality in motor vehicle traffic accidents. Accident Analysis & Prevention, 26(3), 391-397.
- Steensberg, J. (1994). Accidental road traffic deaths: Prospects for local prevention. Accident Analysis & Prevention, 26(1), 1-9.
- Storie, V. J. (1977). Male and female car drivers: Differences observed in accidents (TRRL Laboratory Report 761). Crowthorne, Royaume-Uni : Transport and Road Research Laboratory.
- Summala, H., Näätänen, R., & Väisänen, M. (1984). Deviant speeds are dangerous: Who use them? Le Travail Humain, 47(2), 177-182.

- Törnros, J., Harms, L., & Alm, H. (1997). The VTI driving simulator - Validation studies (VTI särtryck 279). Linköping, Suède : Swedish Road and Transport Research Institute (VTI).
- Trinkaas, J. (1996). Compliance with a school zone speed limit: An informal look. Perceptual and Motor Skills, 82, 433-434.
- Wagenaar, A. C., Streff, F. M., & Schultz, R. H. (1990). Effects of the 65 mph speed limit on injury morbidity and mortality. Accident Analysis & Prevention, 22(6), 571-585.
- Wasielewski, P. (1984). Speed as a measure of driver risk: Observed speeds versus driver and vehicle characteristics. Accident Analysis & Prevention, 16(2), 89-103.
- West, R., Elander, J., & French, D. (1993). Mild social deviance, type-A behaviour pattern and decision-making style as predictors of self-reported driving style and traffic accident risk. British Journal of Psychology, 84, 207-219.
- West, R., French, D., Kemp, R., & Elander, J. (1993). Direct observation of driving, self reports of driver behaviour, and accident involvement. Ergonomics, 36(5), 557-567.
- Williams, A. F., & O'Neill, B. (1974). On-the-road driving records of licensed race drivers. Accident Analysis & Prevention, 6, 263-270.
- Williams, A. F., & Wells, J. K. (1995). Deaths of teenagers as motor-vehicle passengers. Journal of Safety Research, 26(3), 161-167.
- Wilson, T., & Greensmith, J. (1983). Multivariate analysis of the relationship between drivometer variables and drivers' accident, sex, and exposure status. Human Factors, 25(3), 303-312.
- Wilson, W. T., & Wilson, P. (1984). Typology of rated driving and the relationship between self and other driver ratings. Accident Analysis & Prevention, 16(5-6), 351-370.

Appendice A

Affiche de recrutement des participants

Le **Laboratoire de simulation de conduite** de l'Université de Montréal est à la recherche de **jeunes conducteurs masculins** pour une étude visant le développement de son simulateur de conduite.

Rémunération 25.00 \$

Pour participer, vous devez :



être âgé **présentement de 19 ans**



posséder un **permis de conduire canadien valide**
(classe 5 : permis probatoire ou régulier)



conduire régulièrement depuis l'obtention de votre permis (voiture automatique de préférence)

Demandez Marie Claude au (514) 343-6111 poste 4610

Appendice B

Formulaire de consentement et questionnaires

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

But de l'étude

L'étude portant sur l'évaluation des conducteurs en situations de conduite simulée et réelle a pour objectif principal le développement du simulateur de conduite du Laboratoire de simulation de conduite de l'Université de Montréal.

Description spécifique de l'étude

Cette étude comporte trois parties : un test en simulation de conduite, un test routier, des questions à répondre verbalement et des questionnaires à compléter par écrit. Le test en simulation de conduite est d'une durée approximative d'une heure. Pendant que le participant conduit le simulateur, des informations sur sa façon de conduire sont recueillies sur ordinateur et conservées dans un fichier.

Pendant le test routier, qui est aussi d'une durée approximative d'une heure, le participant conduit une voiture automatique appartenant à une école de conduite sur un trajet prédéterminé. Deux expérimentateurs l'accompagnent et prennent des notes sur sa façon de conduire. La première personne est assise à l'avant et donne les consignes à suivre tandis que la seconde est assise à l'arrière du véhicule. Le participant ne doit pas discuter avec les expérimentateurs pendant le test à moins d'avoir une question sur les consignes à suivre ou pour toute autre question liée à la conduite du véhicule. Le participant consulte la carte détaillée du trajet, qui est aussi décrite verbalement par l'expérimentatrice, afin de vérifier qu'il se sent à l'aise de conduire le véhicule dans les différentes sections du trajet.

Dans la troisième partie du test, le participant doit fournir des informations d'ordre général et des informations sur son expérience de conduite. Il doit aussi compléter des questionnaires portant sur ses habitudes de conduite, ses opinions sur le simulateur et sur le trajet routier ainsi que sur sa façon de conduire dans le simulateur et sur la route⁶.

Durée de la séance de tests

La durée totale approximative de la séance incluant le test en simulation de conduite, le test routier, les questionnaires, les explications et les déplacements varie de 3 heures à 3½ heures.

Risques possibles associés avec le test routier

Le test routier comporte le même niveau de risque engendré par la conduite urbaine normale. Les consignes à suivre sont divulguées à l'avance afin que le participant puisse bénéficier du laps de temps nécessaire pour manœuvrer le

⁶ Cette étude n'utilise pas l'ensemble des données recueillies.

véhicule en toute sécurité. Les expérimentateurs ne demanderont jamais au participant de faire une manœuvre illégale ou non sécuritaire. De son côté, si le participant juge que la manœuvre demandée peut présenter certains dangers à cause des conditions présentes, de ses capacités ou d'autres raisons, il peut décider de ne pas l'exécuter. Par contre, de la même façon que s'il conduisait son propre véhicule ou le véhicule qu'il utilise régulièrement, le participant est conscient qu'un incident fâcheux peut se produire, tel une collision (un accident). Dans un tel cas, il ne sera pas tenu responsable des dommages corporels qui pourraient en résulter, tel que le prévoit la législation du Québec concernant les accidents de la route. Il n'aura pas non plus à assumer les coûts d'éventuels dommages matériels.

Ceci étant spécifié, il va de soi que le participant conduira selon sa façon habituelle en faisant tout en son pouvoir pour éviter une collision (un accident).

Risques possibles associés à la conduite du simulateur et aux questionnaires

Aucun risque spécifique n'est associé au test en simulation de conduite et aux questionnaires que le participant doit remplir. Toutefois, quelques écrits scientifiques indiquent que certaines personnes ayant conduit d'autres simulateurs de conduite ont ressenti des malaises mineurs. Cette situation ne s'est jamais produite jusqu'à maintenant dans le simulateur de conduite de l'Université de Montréal. Toutefois, dans un tel cas, le participant doit en avvertir immédiatement l'expérimentatrice.

Avantages

En plus de contribuer au développement du simulateur de conduite, le participant pourra, s'il le désire, bénéficier d'une description de sa façon de conduire sur la route et dans le simulateur.

Confidentialité

Tous les documents contenant les renseignements recueillis par les expérimentateurs au cours du test routier et du test en simulation de conduite, le fichier contenant les résultats du test dans le simulateur ainsi que les questionnaires complétés par le participant demeureront strictement confidentiels. Aucun renseignement permettant d'identifier le participant n'apparaîtra lors de l'entrée des données, du traitement statistique et de la divulgation des résultats de groupe dans des communications scientifiques.

Indemnité

Une indemnité de 25.00 \$ sera remise au participant uniquement lorsque le test en simulation de conduite, le test routier et les questionnaires seront complétés.

Les personnes responsables de cette étude

Marie Claude Ouimet
 Étudiante à la maîtrise en psychophysiologie
 et ergonomie
 Département de psychologie
 Université de Montréal
 (514) 343-6111 poste 4610

Jacques Bergeron
 Professeur titulaire

Département de psychologie
 Université de Montréal

Consentement libre et éclairé et retrait de participation

Je reconnais que je participe à cette étude volontairement. Je certifie que l'expérimentatrice m'a expliqué que ma participation est volontaire, qu'elle a répondu à mes questions et que j'ai bénéficié du temps nécessaire pour prendre une décision.

Je reconnais avoir le droit de retirer ma participation à cette étude en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je reconnais avoir le droit de refuser de répondre à certaines des questions qui me seront posées.

Rappel

Bien que je participe à une étude de l'Université de Montréal, les lois régissant le Code de la sécurité routière s'appliquent de la même façon que lorsque je conduis mon propre véhicule ou le véhicule que j'utilise régulièrement. Ainsi, si **je ne respecte pas ces lois**, qu'un agent de la paix m'interpelle et me donne une contravention, **je comprends que je suis le seul responsable de mon comportement**. Les points d'inaptitude et l'amende seront libellés à mon nom et je devrai en assumer les coûts.

Signatures

Ma signature apposée à ce formulaire de consentement indique que j'ai compris l'information contenue à l'intérieur de ce document, que l'expérimentatrice a répondu à toutes mes questions relatives à cette étude et que je consens à y participer volontairement.

Nom du participant :

Signature du participant :

Nom de l'expérimentatrice :

Signature de l'expérimentatrice :

Date : _____

Code d'identification : _____

RENSEIGNEMENTS SUR LES CONDUCTEURS

« Je vais maintenant te poser quelques questions d'ordre général ainsi que des questions sur ton expérience de conduite. Je tiens à te rappeler que toutes les informations que nous allons recueillir resteront confidentielles. Tous les documents qui contiennent des informations personnelles ont un code d'identification. Les données recueillies nous permettront de comparer ton expérience personnelle avec l'expérience des autres participants à cette étude. Je t'ai déjà demandé certaines de ces questions au téléphone, dans ce cas-là, je vais seulement les vérifier avec toi. »

- 1- a) Âge : _____
(Si différent de 19 ans : non admissible)
- b) Date de naissance : _____
année/ mois/ jour
- 2- a) Occupation : _____
Si étudiant, domaine d'étude : _____
temps partiel / temps plein
- b) Dernière année de scolarité complétée : _____
- 3- a) As-tu un permis de conduire : OUI / NON
(Si pas de permis de conduire : non admissible)
[Vérifier que le participant a apporté son permis de conduire]
- b) As-tu un permis d'apprenti conducteur, un permis probatoire ou un permis régulier? _____
(Si permis d'apprenti conducteur ou sans permis : non admissible)
- c) Qu'elle est la classe de ton permis de conduire? _____
(Si permis autre que classe 5 : non admissible)
- d) Date d'obtention du permis de conduire probatoire ou régulier : _____
année/mois/jour
Si permis régulier, date d'obtention du permis probatoire : _____
année/mois/jour
- e) Date d'obtention de ton permis d'apprenti conducteur : _____
année/ mois/ jour
- f) Quel(s) véhicule(s) conduis-tu le plus souvent? (voiture - camion - moto)

type/ marque/ année

- g) Est-ce que la voiture que tu conduis régulièrement possède une transmission automatique ou manuelle?
 (Si manuelle : possibilité de non admissibilité si ne se sent pas à l'aise de conduire une voiture automatique)
 Es-tu le propriétaire de cette voiture? OUI / NON
 Si oui, depuis quand? _____
 Si non, à qui appartient-elle? _____

- 4- a) Combien de jours par semaine conduis-tu? _____
 b) Combien d'heures par semaine conduis-tu? _____
 c) Combien de kilomètres parcours-tu par semaine? _____
 d) Quel type de route empruntes-tu le plus fréquemment? (pourcentage du trajet)
 ville : _____
 autoroute : _____
 routes rurales : _____
 e) Portes-tu ta ceinture de sécurité à chacun de tes déplacements?
 OUI / NON
 Sinon, quel pourcentage du temps la portes-tu? _____
 f) Combien de kilomètres parcours-tu par année? _____
 Depuis quand? _____
- 5- a) As-tu eu un ou des accidents depuis que tu conduis une voiture?
 OUI / NON
 Si oui, combien en as-tu eu et quand se sont-ils produits?
 _____ année/ mois/ jour _____ année/ mois/ jour
- b) As-tu subi des dommages matériels? OUI / NON
 Des blessures légères? OUI / NON
 Des blessures graves? OUI / NON

Si plus d'un accident, reprendre la question b.

- 6- a) As-tu eu une ou des contraventions depuis que tu conduis une voiture?
OUI / NON
Si oui, combien? _____

b) Manœuvre(s) reprochée(s) et date(s) de(des) l'infraction(s) :

_____	_____
	année/ mois/ jour
_____	_____
	année/ mois/ jour
_____	_____
	année/ mois/ jour

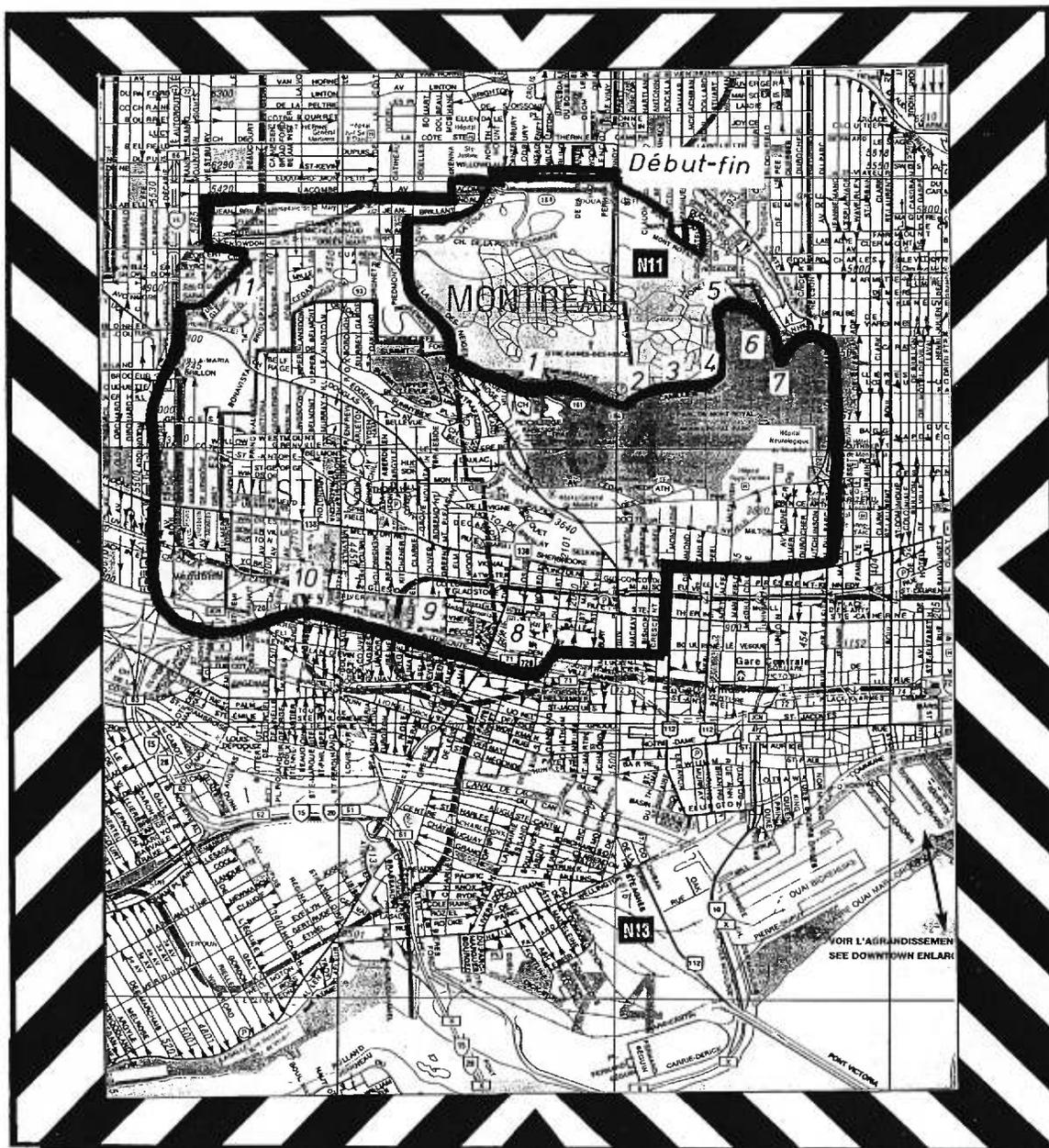
APRÈS LE TEST EN SIMULATION DE CONDUITE

7. Lors de la conduite dans le simulateur, j'ai ressenti un(des) malaise(s) tel(s) de la nausée, des étourdissements, une augmentation de la transpiration, des changements dans les rythmes cardiaque et/ou respiratoire ou autres :
OUI / NON

Si oui, décrire :

Appendice C

Carte du trajet routier et grille des sites spécifiques

LE TRAJET ROUTIER⁷

⁷ Extrait de la carte de la Communauté urbaine de Montréal. Copyright Cartes Perly Ltée, ISBN 1-895028-37-X. Les numéros des sites sont ajoutés à la carte présentée aux participants uniquement pour le bénéfice du lecteur.

Code d'identification : _____

GRILLE DES SITES SPÉCIFIQUES SUR LA ROUTE

Site n°	Localisation du site spécifique	Vitesse limite prescrite (km/h)	Vitesse adoptée	Autres usagers modifiant la vitesse en circulation libre
1 -	Remembrance	50		
2 -	Camilien-Houde	50		
3 -	Camilien-Houde	50		
4 -	Camilien-Houde	50 (courbe)		
5 -	Camilien-Houde	50 (courbe)		
6 -	Camilien-Houde	50 (courbe)		
7 -	Camilien-Houde	50 (courbe)		
8 -	voie rapide 720 Ouest	70 (entrée voie rapide)		
9 -	voie rapide 720 Ouest	70		
10-	voie rapide 720 Ouest	70		
11-	Ponsard	30		

Appendice D

Consignes verbales données aux participants pendant le test routier et le test en simulation de conduite

CONSIGNES VERBALES DONNÉES AUX PARTICIPANTS PENDANT LE TEST ROUTIER⁸

Assieds-toi et attends avant de t'installer que je te rappelle les consignes. Le trajet routier est d'une durée approximative d'une heure. Tu vas d'abord conduire quelques minutes pour te familiariser avec le véhicule. Pendant le trajet, nous te demandons de ne pas engager la conversation avec nous à moins d'avoir une question sur le chemin à suivre ou sur le fonctionnement du véhicule. Le trajet routier comporte le même niveau de risque que la conduite urbaine normale. Jean-Pierre va te donner les consignes à suivre à l'avance pour que tu puisses bénéficier du laps de temps nécessaire pour manœuvrer le véhicule en toute sécurité. Nous ne te demanderons jamais de faire une manœuvre illégale ou non sécuritaire. De ton côté, si tu juges que la manœuvre demandée peut présenter certains dangers à cause des conditions présentes, de tes capacités ou d'autres raisons, tu peux décider de ne pas l'exécuter. Nous te demandons simplement à ce moment-là de nous expliquer la(les) raison(s) pour laquelle(lesquelles) tu n'as pas fait la manœuvre demandée. C'est Jean-Pierre qui va t'indiquer quand changer de voie, effectuer un virage ou autres. Donc, si tu es dans une voie et qu'il ne te dit rien, c'est parce que nous voulons que tu te déplaces dans cette voie.

Jean-Pierre est un instructeur de conduite certifié qui enseigne la conduite depuis plus de quinze ans. C'est lui qui est responsable du véhicule. Comme tu peux le constater, le véhicule, qui appartient à une école de conduite, est équipé d'une double commande de frein, au pied de Jean-Pierre. S'il arrive un événement particulier, il peut te demander de lui laisser le contrôle du véhicule. Nous te demandons de lui laisser le contrôle à ce moment et surtout de lui faire confiance.

Ceci étant dit, nous te demandons de conduire selon ta façon habituelle. Nous sommes intéressés à la façon dont les gens conduisent dans la vie réelle. Il ne s'agit pas, par conséquent, d'un examen de conduite. Nous voulons seulement observer les comportements des gens en conduite réelle. Si tu changes tes comportements, ça ne nous aide pas du tout pour notre recherche. Naturellement, même s'il s'agit d'un projet de recherche, tu dois suivre les mêmes lois du Code de la sécurité routière que lorsque tu conduis ta propre voiture.

[Si le participant n'a pas bouclé sa ceinture de sécurité, lui demander de le faire.]

As-tu des questions avant de commencer?

Début du test routier.

HEURE (début du test) : _____

HEURE (fin du test) : _____

⁸ La validité du permis de conduire des participants est vérifiée la veille du test auprès de la Société de l'assurance automobile du Québec. En cas d'arrestation, la conduite d'un véhicule sans permis de conduire entraîne automatiquement la saisie de celui-ci pour une période de 30 jours.

CONSIGNES VERBALES DONNÉES AUX PARTICIPANTS PENDANT LE TEST EN SIMULATION DE CONDUITE

Consignes générales

Comme je te l'ai déjà expliqué, notre but est de développer le simulateur de conduite et de voir comment la majorité des gens réagissent aux situations présentées. Nous te demandons, par conséquent, de conduire de la façon la plus naturelle possible tout comme nous t'avons demandé (ou nous te demanderons) de conduire sur la route. Nous te demandons de respecter le Code de la sécurité routière et d'éviter d'avoir des accidents.

Description générale de la tâche de conduite

Le test dans le simulateur est d'une durée d'environ une heure et il est composé de trois sections différentes. Tu vas prendre une pose entre chacune des sections. Celles-ci comportent trois ou quatre trajets qui sont séparés par deux chevalets (un dans la voie de gauche et l'autre sur l'accotement) sur lesquels il y a une balise à bandes obliques (jaune et noire). Tu devras t'arrêter entre ces chevalets et attendre que je te donne des indications sur ce que tu devras faire par la suite⁹. Les différents trajets comportent tous leurs particularités dont des sections de route droite, des courbes, des arrêts obligatoires, des virages, des panneaux et feux de signalisation, des trous dans la chaussée, différents véhicules circulant dans la même voie que la tienne ou en sens inverse¹⁰ et des véhicules stationnés sur le côté de la route.

Description spécifique

Je vais maintenant te donner des instructions concernant les déplacements dans les différents trajets. Tu devras suivre ces instructions durant tous les trajets. Avant de commencer, tu vas avoir l'occasion de te familiariser avec le simulateur. Je vais aussi te répéter les consignes appropriées avant chacun des trajets. Il y a beaucoup d'information à retenir. Ne t'en fais pas, je vais te les répéter au moment opportun.

⁹ Ces arrêts entre les trajets ne sont pas comptabilisés dans le calcul de la vitesse moyenne.

¹⁰ Il y a des véhicules sur les voies où circulent les participants mais ils ne sont pas en mouvement. Le dépassement de ces véhicules ou le croisement en sens inverse peut par contre laisser croire aux participants qu'ils sont en mouvement, tel que l'on décrit certains d'entre eux à la fin du test.

Les consignes :

-  Lorsque tu arrives à une intersection, tu dois respecter les flèches directionnelles qui t'indique le trajet à suivre (panneau jaune avec une flèche noire). Tu dois donc être attentif pour pouvoir suivre le chemin approprié.
-  Tu dois traiter les feux rouges comme un arrêt obligatoire, un « stop ».
-  Lorsque tu vas rencontrer des véhicules circulant dans ta voie, tu devras les dépasser.
-  Tu devras éviter les trous dans la chaussée (tache noire) en les contournant.
-  Il y a plusieurs façons d'avoir un accident. Si tu quittes la route (hors des limites de l'accotement), si tu roules sur un trou dans la chaussée, si tu percutes un autre véhicule, un arbre, un panneau ou un feu de signalisation, tu auras un accident. Lorsqu'un accident se produit, il y a un bruit et une période d'arrêt de trois secondes. Ensuite, ton véhicule est remis en position immobile sur la route et tu dois appuyer sur l'accélérateur pour poursuivre ta route. Comme je te l'ai expliqué plus tôt, nous te demandons d'éviter d'avoir des accidents.

Le véhicule

Je vais maintenant te donner des informations sur la façon de conduire le simulateur. Le simulateur est complètement interactif et a été conçu de façon à représenter le plus possible la conduite en situation réelle. Tu peux et tu dois donc l'utiliser de la même façon que lorsque tu conduis un véhicule sur la route. Tu as le contrôle sur la trajectoire du véhicule à l'aide du volant, sur l'accélérateur et sur la pédale de frein. Même si tu vois un bras de changement de vitesse à ta droite, tu dois conduire le véhicule comme s'il était muni d'une transmission automatique. L'odomètre indique la vitesse exacte à laquelle tu conduis. Je vais être assise dans le véhicule à côté de toi pendant tout le test. Je te demande de ne pas me parler pendant que tu conduis à moins d'une urgence, de questions sur la tâche à accomplir ou de l'oubli d'une consigne. Tu pourras aussi me poser des questions entre les différents trajets.

Début du test

Tu vas maintenant faire un exercice pour te familiariser avec le véhicule. As-tu des questions?

Familiarisation avec la conduite simulée

L'exercice suivant est d'une durée d'environ dix minutes. Cet exercice va te permettre de te familiariser avec le véhicule (la manipulation du volant, l'accélération, le freinage) et les différentes situations de conduite simulée (la conduite sur route droite, les virages à gauche, les virages à droite, les courbes et autres).

Dans cet exercice, ainsi que dans tous les autres trajets, tu dois conduire le véhicule sur la voie de droite comme tu le ferais sur une route réelle. Tu dois respecter les consignes que je t'ai expliquées, c'est-à-dire suivre les panneaux avec les flèches directionnelles (panneau jaune avec une flèche noire), arrêter au feu rouge comme à un arrêt obligatoire (un « *stop* »), dépasser les véhicules qui circulent dans ta voie, éviter les accidents en contournant les trous dans la chaussée, en ne sortant pas de la route et en ne percutant pas un panneau, un feu de signalisation ou un autre véhicule. Tu devras t'arrêter entre les deux chevalets (un dans la voie de gauche et l'autre sur l'accotement). Les chevalets délimitent les différents trajets. Si j'ai des consignes à te donner, c'est à ce moment que je vais le faire. Sinon, tu vas seulement t'arrêter quelques secondes avant de repartir. Si tu as des questions, ce sera le moment de les poser. Lorsque tu vas rencontrer quatre chevalets qui vont complètement te barrer le passage, ça indique que c'est le temps de prendre une pause.

As-tu des questions avant de commencer? Si tu as des questions après l'exercice n'hésite pas à les poser. Tu peux commencer maintenant.
[Répéter les consignes au besoin.]