

Université de Montréal

**Facteurs prédictifs du risque d'accident d'automobile
chez les personnes âgées.**

par

Geneviève Daigneault

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

**Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor
(Ph.D. Recherche/Intervention) en psychologie**

Août 2000

© Geneviève Daigneault, 2000





**National Library
of Canada**

**Acquisitions and
Bibliographic Services**

**395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

**Bibliothèque nationale
du Canada**

**Acquisitions et
services bibliographiques**

**395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-61381-X

Canada

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée:

Facteurs prédictifs du risque d'accident d'automobile
chez les personnes âgées.

Présentée par
Geneviève Daigneault
Département de psychologie

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Président du jury:	Jacques Bergeron
Directeur de thèse:	Jean-Yves Frigon
Codirecteur de thèse :	Pierre Joly
Examineur interne:	Claire Laberge-Nadeau
Examineur externe:	Thérèse Audet
Représentant du Doyen (FES):	Lise Talbot

Thèse acceptée le : 19 février 2001

Sommaire

Les conducteurs âgés de plus de 65 ans sont beaucoup plus présents sur les routes du Québec étant donné le vieillissement de la population. Bien qu'ils réduisent leur exposition au risque d'accident automobile par une diminution du kilométrage effectué par année et produisent donc moins d'accident comparativement aux plus jeunes, des études démontrent que leur taux d'accidents par rapport au kilométrage parcouru est significativement plus élevé que pour le reste de la population des conducteurs. Il apparaît donc important d'identifier les facteurs prédictifs du risque d'accident en conduite automobile chez cette population pour laquelle les professionnels de la santé sont très souvent amenés à se prononcer quant à leur capacité à conduire un véhicule automobile.

Partant de là, le but de la présente recherche est d'identifier les facteurs qui nous permettent de prédire le risque d'accident chez la population des conducteurs âgés. Elle s'est réalisée en collaboration avec la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ) et avait d'abord comme objectif d'analyser les caractéristiques des accidents apparaissant aux dossiers de conduite de toute la cohorte des conducteurs âgés de 65 ans et plus du Québec, en 1997. Dans un second temps, à l'aide d'échantillons, cette recherche visait à étudier plus précisément les facteurs permettant de distinguer les conducteurs âgés avec accidents de ceux sans accident sur le plan de leurs habitudes de conduite, leur fonctionnement cognitif touchant la sphère des fonctions exécutives et leur état de leurs attitudes et comportements routiers.

La thèse est présentée sous le format de thèse par articles. Le premier article de la thèse implique l'analyse des dossiers de la SAAQ de 1992 à 1997, pour les 426 408 titulaires de permis de conduire âgés 65 ans et plus en 1997. L'analyse de cette cohorte confirme la spécificité des accidents d'automobile de la population âgée, qui impliquent habituellement plusieurs véhicules et surviennent relativement fréquemment aux intersections. Nous avons également constaté que, bien que le taux de variance expliquée demeure faible, les accidents antérieurs sont une variable prédictive plus importante que le nombre d'infractions antérieures pour le niveau de risque d'accident automobile et ce, de façon plus grande pour les conducteurs âgés de plus de 75 ans.

Le second article comprend deux études. Une première étude porte d'abord sur les données recueillies par le biais d'un questionnaire auprès de 180 hommes préalablement choisis à l'aide de la banque de données offerte par la SAAQ sur la base de leur nombre d'accidents routiers (sans accident ou avec trois accidents et plus entre janvier 1992 à juin 1997) et de leur âge (65-74 ou 75 et plus). Par la suite, une seconde étude porte sur 60 de ces 180 sujets (30 avec accidents et 30 sans accident) qui ont été également divisés selon leur âge, et soumis à des tests neuropsychologiques (*Color Trail Test*, *Stroop Color Word Test*, *Tour de Londres* et *Wisconsin Card Sorting Test*), mesurant les fonctions exécutives, et à des questionnaires. Les résultats des deux échantillons mettent en évidence la présence de troubles cognitifs dans la sphère des fonctions exécutives chez les conducteurs du groupe avec accidents ainsi que la présence de mécanismes adaptatifs ou compensatoires plus élevés chez ces individus.

L'ensemble des résultats confirme qu'une partie des conducteurs âgés qui commettent des accidents à répétition se distinguent par leurs faibles capacités cognitives d'anticipation, de planification et d'ajustement. Ces derniers semblent avoir un niveau d'éducation et socio-économique plus bas. Ils vivent plus souvent seuls et sont plus atteints par le diabète. Il semble également que les conducteurs à risque se distinguent, tant sur le plan cognitif que sur le plan des habitudes de conduite, de la population âgée générale et forment un sous-groupe distinct représentant possiblement un stade pré-clinique de démence. D'autres études seront nécessaires afin de préciser les liens entre les déficits sur le plan des fonctions exécutives et la conduite automobile sur route chez les personnes âgées. Il serait également pertinent de vérifier l'hypothèse qu'une baisse des fonctions exécutives est associée à un haut niveau de risque d'accident routier chez les femmes ou pour des populations particulièrement susceptibles de présenter des troubles cognitifs.

Tables des matières

Sommaire.....	iii
Table des matières.....	vi
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	ix
Liste des sigles et des abréviations.....	x
Liste des variables étudiées.....	xii
Caractéristiques de la cohorte.....	xiv
Caractéristique des échantillons.....	xv
Remerciements.....	xlix

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION	2
1. CONTEXTE THÉORIQUE	4
1.1. Notion d'accident et de risque d'accidents	4
1.2. Problématique des personnes âgées	6
1.2.1. Les facteurs prédictifs des accidents chez les conducteurs âgés	6
1.2.1.1. Composantes motivationnelles	7
1.2.1.2. Composantes physiques et cognitives	9
1.3. Le Supervisory Attentional System (SAS)	14
1.3.2. SAS et tests cliniques	17
1.3.3. Le SAS et le vieillissement normal	18
1.3.4. Le SAS et les modèles de la conduite automobile	24
2. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	27
3. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	29

4. MÉTHODOLOGIE	31
4.1. Sujets	31
4.2. Critères d'exclusion	33
4.3. Instruments de collecte de données	34
4.4. Collecte des données	41
4.5. Analyse des données	41
5. RÉSULTATS	42

CHAPITRE DEUXIÈME

Articles

<i>Premier article: Previous Convictions or Accidents and the Risk of Subsequent Accident of Older Drivers</i>	45
<i>Deuxième article: Executive Functions in the Evaluation of Accident Risk of Elderly Drivers</i>	66

CHAPITRE TROISIÈME

DISCUSSION GÉNÉRALE	126
CONCLUSION	140
BIBLIOGRAPHIE	143
ANNEXE	162

Liste des tableaux

Article 1

Tableau 1 : Regression Analysis of Subjects Mean Accident (last 3 years)	61
--	----

Article 2

Tableau 1 : Summary Table of ANOVA Results for Driving Habits According to Accident and Age Groups.	115
Tableau 2 : ANOVA Results for the number of Errors (Omission and Commission) on questionnaire as a Function of Accident and Age Groups.	117
Tableau 3 : Comparison of Self-Reported Accidents with Accidents in SAAQ Files.	118
Tableau 4 : ANOVA Results for the ACR Questionnaire as a Function of Accident and Age Groups.	119

Annexe

Tableaux des nombres absolus tiré du premier article	xxxviii
---	----------------

Tableau 1: Répartition des sujets selon l'âge et le sexe.	
Tableau 2: Caractéristiques des accidents (1992-1997) des conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997.	
Tableau 3: Types d'infractions et points d'inaptitudes (1992-1997) des conducteurs âgés de 65 et plus en 1997.	
Tableau 4: Code d'impact des accidents (1997) pour les conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997.	
Tableau 5: Code d'impact des accidents pour tous les conducteurs (statistiques SAAQ)	
Tableau 6: Nombre d'accidents pour les années 1992 à 1997 en fonction de l'âge des conducteurs (au moment de l'accident)	

Tableaux des moyennes et écart-types tirés du deuxième article	xlv
---	------------

Tableau 7: Moyennes et écart-types pour les principales échelles du questionnaire sur l'expérience et les habitudes de conduite (Joly et Brouwer, 1998)	
Tableau 8: Moyennes et écart-types aux échelles de l'ACR en fonction du groupe d'âge et du nombre d'accidents d'automobile.	

Liste des figures**Article 1**

- Figure 1: Characteristics of Accidents by Age Groups 63**
- Figure 2: Regression Coefficient (B) by Age Groups for the Subsequent Accidents by Prior Accidents or Prior Conviction as Predictor 64**

Article 2

- Figure 1 : Time Measurements on the Different Neuropsychological Tests for Accident-free Drivers and Drivers having Accidents. 121**
- Figure 2 : Time Measurements on the Different Neuropsychological Tests according to Age. 122**
- Figure 3 : Number of Errors and Performance Effectiveness on the Different Neuropsychological Tests for Accident-free Drivers and Drivers having Accidents. 123**
- Figure 4 : Number of Errors and Performance Effectiveness on the Different Neuropsychological Tests according to Age. 124**

Liste des sigles et des abréviations

ACR	Analyse des Comportements Routiers
CTT	Color Trail Test
MA	Maladie d'Alzheimer
SAAQ	Société de l'Assurance Automobile du Québec
SCWT	Stroop Color Word Test
TL	Tour de Londres
TMT	Trail Making Test
UFOV	Useful Field Of View
WCST	Wisconsin Card Sorting Test

Annexes

Lettres de sollicitation	ii
Rapport d'accident de véhicules routiers (SAAQ)	v
Procédures téléphoniques	vii
Formulaires de consentement	xii
Questionnaire sur l'expérience et les habitudes de conduite (tiré de Joly et Brouwer, 1987)	xvi
Questionnaire <i>ad hoc</i> sur les informations socio-démographiques et les caractéristiques générales des sujets (tiré de Joly et Brouwer, 1987)	xxi
Questionnaire ACR (Bergeron et Joly, 1987, version E)	xxviii
Tableaux des nombres absolus tiré du premier article	xxxviii
Tableaux des moyennes et écart-types tirés des questionnaires du deuxième article	xlv

Liste des variables étudiées

Article 1 (N = 426 408 sujets)

Analyse des types d'accidents routiers caractérisant les conducteurs âgés

Vitesse autorisée
Catégorie de routes
État de la chaussée
État de la surface
Température
Éclairage
Code d'impact
Environnement
Nombre de véhicules impliqués

Analyse du risque d'accident en fonction de l'âge et des accidents ou les infractions antérieures

Nombre d'accidents de 1995-1997 (variable dépendante)
Nombre d'accidents de 1992-1994 (facteur prédictif)
Nombre d'infractions de 1992-1994 (facteur prédictif)

Article 2

Étude 1 (n = 180 sujets)

Analyse des habitudes de conduite en fonction de l'âge et de l'implication ou non dans des accidents

Age
Age du premier permis de conduire
Age de l'achat du premier véhicule
Vitesse moyenne sur les zones urbaines
Vitesse moyenne sur les routes de campagnes
Vitesse moyenne sur les autoroutes
Fréquence de conduite en général
Fréquence de conduite de nuit
Évitements dans des situations de conduite difficile (en général)
Évitements dans des situations de conduite difficile sur le plan cognitif
Évitements dans des situations de conduite difficile sur le plan perceptif
Nb d'erreurs sur les questionnaires

Étude 2 (n = 60 sujets)**Analyse générale des caractéristiques des conducteurs âgés avec ou sans accidents**

Age
Revenu familial brut annuel
Nombre d'année d'étude
Port de verres correcteurs
Motif du port de verres
Nb Km à 20, 30, 40, 50, 60 et 70 ans
Changement de vitesse depuis 1, 5 et 10 ans
État de santé
Nombre d'accidents et infractions rapportés
Nombre d'accidents et infractions au dossier

Analyse des facteurs cognitifs en fonction de l'âge et de l'implication ou non dans des accidents

CT : temps au Trail I, différence entre Trail I et Trail II, nombre d'erreurs (couleurs et chiffres).

SCWT : temps aux deux premières conditions, temps aux deux dernières conditions, nombre d'erreurs aux deux dernières conditions.

TL : Temps de planification, temps d'exécution, nombre de bris de consigne, nombre de mouvements moyens.

WSCT : Nombre de catégories complétées, nombre d'erreurs persévératives, nombre d'erreurs attentionnelles.

Analyse de l'attitude et des comportements au volant en fonction de l'âge et de l'implication ou non dans des accidents

Perception du risque associé à divers comportements
Attitudes face à ces comportements
Norme subjective face à ces comportements
Perception de contrôle face à ces comportements
Intentions face à ces comportements

**Caractéristique de la cohorte
des conducteurs âgés du Québec**

Article 1

(n = 426 408)

Âge moyen des conducteurs 72,2

Écart-type 4,9

% d'hommes 63,8

Dossier de conduite automobile

• % sans accident 89

▪ % sans infraction 79

% selon Groupe d'Age

• 65-69 44

▪ 70-74 30,8

• 75-79 16,8

• plus de 80 ans 8,4

Caractéristique des échantillons du second article

	Étude 1 (n=180)		Étude 2 (n=60)	
	A	B	A*	B*
<u>Âge des conducteurs</u>	72,94	72,78	72,3	72,0
<u>km parcouru en 1997 (%)</u>				
• Entre 10 000 et 19 999 km	35,7	35,3	35,2	35,6
Fréquence de conduite en ville (% qui conduisent tous les jours)	62,8	62,2	62,3	62,4
Fréquence de conduite de nuit (% qui conduisent une à deux fois par semaine)	29,8	41,9	31,2	39,3
<u>Nb d'années étude</u>	-	-	9,73	11,57
<u>Niveau socio-économie (%)</u>				
• Plus de 40 000\$ par année	-	-	20,7	44,8

* A : Avec Accidents

* B : Sans accident

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction

Dans la société moderne, la conduite automobile est très importante afin de vaquer aux occupations quotidiennes et de maintenir une certaine indépendance. Ceci est particulièrement vrai dans les aires rurales où le transport en commun est limité. Pour toutes les personnes et particulièrement chez la population âgée, la perte du droit de conduire une automobile est un premier signe d'une diminution d'autonomie et de retrait social.

Jusqu'à présent, peu de variables (nombre d'accidents ou d'infractions antérieurs, fonctions visuelles, physiques, intellectuelles) ont permis de prédire le risque d'accident pour un individu, spécifiquement pour la population âgée de 65 ans et plus. Cette population qui augmente et qui est de plus en plus présente sur nos routes démontre un taux d'accident par km plus élevé que tous les autres groupes d'âge, mis à part les jeunes conducteurs de 16 à 24 ans (Evans, 1988 b; McCoy, Johnstone, & Duthie, 1989; National Highway Traffic Safety Administration, 1989). Selon Owsley (1997), il subsiste deux objectifs distincts dans les interventions cliniques ou en recherche en sécurité routière avec cette population. Le premier a pour but d'aider un conducteur âgé à demeurer le plus longtemps possible sur les routes, dans la mesure où la sécurité routière n'est pas entravée; ceci inclut le développement d'outils afin d'identifier les conducteurs à risque d'accident et la réhabilitation dans la mesure où ceci est possible. La plupart des recherches s'attardent sur ce premier but et peu d'entre elles se penchent sur le second objectif qui est de mettre en place des moyens de transport alternatifs pour les individus qui doivent cesser de conduire, afin que l'impact négatif sur l'autonomie soit diminué. Par ailleurs, une caractéristique rendant la

recherche difficile, en matière de conduite automobile avec la population de 65 ans et plus, est son hétérogénéité : en effet, pour tous les conducteurs qui commettent plusieurs accidents ou infractions, un plus grand nombre de conducteurs ont pour leur part un bon dossier de conduite.

On sait que la cause des accidents chez les jeunes conducteurs semble davantage de nature motivationnelle (Joly, 1990; Jonah, 1986). Blockey & Havley (1995) distinguent deux types d'accident: par violation ou par erreur. Tout d'abord, l'accident par violation est à l'origine un phénomène social et possède une composante motivationnelle. La réduction de ce type d'accidents s'effectue en changeant les attitudes, les normes et les valeurs culturelles de l'individu. D'autre part, les mauvaises manœuvres effectuées par erreur sont le reflet de difficultés dans le processus de traitement de l'information et d'un mauvais fonctionnement cognitif. Selon ces auteurs, à l'aide d'un entraînement, d'un aide-mémoire ou en donnant plus d'informations, les performances augmenteront à ce niveau. Alors que les jeunes conducteurs ont davantage d'accidents par violation (accident seul, vitesse trop élevée, non-respect du feu rouge, etc.), les conducteurs âgés, pour leur part, produisent plus d'accidents par erreur de manœuvre : accidents impliquant, par exemple, plusieurs véhicules (Blockey, & Havley, 1995; Parker, Robert, Stradling, & Manstead, 1995). Donc, le type d'accidents observés pour la population des conducteurs âgés pourrait refléter une diminution des habiletés cognitives.

Puisque la conduite automobile est une tâche complexe, qui demande beaucoup d'attention, d'ajustement, de jugement et de planification, il se peut que des déficits au niveau des fonctions exécutives ou au niveau du *Supervisory Attentional System* (SAS), tel que décrit par Norman & Shallice (1986), ait un lien direct avec le

taux d'accidents d'automobile chez cette population âgée. Dans l'optique de Norman & Shallice, les fonctions exécutives permettent de contrôler l'ensemble des activités cognitives (attention, mémoire, langage, etc.) et font appel à l'attention, le jugement et la planification. Des études récentes démontrent un lien significatif entre des tâches d'attention et le fonctionnement intellectuel, les deux étant également en lien avec le taux d'accidents, suggérant l'influence d'un processus cognitif supérieur tel le SAS qui contrôle l'exécution de tous les processus cognitifs. De plus, les études démontrent que le vieillissement est en lien avec un déclin cognitif, particulièrement pour la mémoire et les fonctions exécutives (Boller, Marcie, & Traykov, 1996).

Il est donc important de bien connaître les facteurs liés aux accidents d'automobile chez la population âgée qui s'accroît d'année en année, afin de développer et de valider des outils utiles à l'évaluation du risque d'accidents. Ceci nous permettra de mieux comprendre les situations susceptibles d'occasionner des accidents chez cette population et de planifier des interventions efficaces (v.g. modification de l'environnement, réadaptation des conducteurs, utilisation de moyens palliatifs, etc.).

1. Contexte théorique

1.1. Notion d'accident et de risque d'accidents

Avant d'aborder la problématique spécifique des personnes âgées en matière de conduite automobile, il s'avère tout aussi important de bien définir les notions dont il sera question, telles la notion d'accident routier et le concept de risque d'accidents.

Le concept d'accident fait apparaître une certaine ambiguïté lorsque nous tentons de le définir. Assailly (1992) indique que le rapport de l'accident avec les catégories de l'aléa, de la fatalité, voire du destin, pose une des principales difficultés que rencontre sa diffusion sociale. Par contre, en matière de sécurité routière, il semble que les améliorations apportées dans l'ingénierie routière (signalisation, éclairage, etc.) et sur les véhicules (système de freinage, etc.) rendent l'accident moins lié au hasard et ramènent à l'avant-plan la notion de la responsabilité; réflexion qui selon Haddon, Suchman, & Klein (1964) est arrivée trop tardivement dans la recherche sur la conduite automobile. L'accident est d'ailleurs un terme qui est demeuré rattaché à la notion de «non prémédité» et fait place maintenant à une notion qui revient à l'idée de la responsabilité, c'est-à-dire celle de la *sécurité routière*. D'ailleurs, les études portent de plus en plus sur les conducteurs à risque et tiennent compte à la fois de leurs infractions et de leurs accidents passés afin d'avoir une idée plus globale des facteurs déterminant le risque d'accidents futurs.

Le mot «risque» a été introduit pour sa part dans la langue française en 1557 par Henri Estienne et il peut être défini par «l'évaluation de la probabilité d'un événement indésirable ainsi que par une situation où il est possible mais non certain qu'un événement indésirable se produira » (Assailly, 1992). Nous vivons tout au long de notre vie avec cette ambivalence : le sentiment d'éviter le risque par mesure de sécurité et, simultanément, un désir d'y faire face par besoin de stimulation. Par ailleurs, la notion de risque routier se rattache au taux d'accidents qui est pour sa part grandement relié au niveau d'exposition (km parcourus) ainsi qu'à la perception du risque qu'a l'individu. Des théoriciens ont tenté d'élaborer des modèles permettant d'expliquer le comportement d'un conducteur. Plusieurs modèles se centrent sur les

motivations et la perception du risque, comme par exemple celui de Wilde (1982) qui sera abordé dans une section subséquente (voir 1.3.4 : SAS et modèles de la conduite automobile).

1.2. Problématique des personnes âgées

Afin de comparer les conducteurs âgés aux plus jeunes, il faut considérer le taux d'accidents en fonction de l'exposition au risque puisque la population âgée conduit moins fréquemment que la population de jeunes conducteurs. Sur ce plan, les conducteurs âgés ont plus d'accidents par kilomètre, sont considérés plus souvent responsables (Verhagem, 1995) et ont davantage d'accidents fatals (Hakamies-Blomquist, 1993), en particulier à cause de leur plus grande fragilité (Evans a, 1988). Face à ces données statistiques, il faut se demander quels facteurs sont en partie responsables de cette augmentation du niveau de risque d'accident avec l'âge lors de la conduite automobile. Peut-on prédire, avec l'analyse de ces facteurs, quelle personne a un risque d'accident plus élevé?

1.2.1. Les facteurs prédictifs des accidents chez les conducteurs âgés

Les déterminants du taux d'accident des personnes en matière de conduite automobile sont encore peu connus. Selon Elander, West, & French (1993), il est possible de distinguer deux catégories de facteurs prédictifs : d'une part, les attitudes représentant l'ensemble des tendances comportementales qui influencent la prise de décision et qui est rattachées à une dimension motivationnelle (*composantes*

motivationnelles) et d'autre part, les aptitudes représentant l'ensemble des capacités physiques, cognitives et psychomotrices de l'individu (*composantes physiques et cognitives*).

1.2.1.1. Composantes motivationnelles

Selon certains auteurs, tel que nous l'avons déjà mentionné auparavant, il semble qu'avec le vieillissement, les conducteurs commettent moins d'accidents par violation et sont plus susceptibles d'être impliqués dans des collisions commises par erreurs. En effet, l'étude de la nature des accidents routiers de la population plus âgée nous permet de constater plusieurs constantes (Blockey & Havley, 1995; McGwin & Brown, 1999; Parker, Robert, Stradling, & Manstead, 1995; Preusser, Williams, Ferguson, Ulmer, & Weistein, 1998; Stamatiadis & Deacon, 1995). En général, ces études démontrent que les accidents des conducteurs âgés surviennent dans de bonnes conditions atmosphériques, le jour, aux intersections et plus spécifiquement, lorsqu'ils doivent effectuer un virage à gauche.

Pour les conducteurs plus jeunes, il semble que des facteurs de nature motivationnelle soient davantage à l'origine de leurs accidents. Plusieurs études (Bergeron & Joly, 1987; Evans & Wasielewski, 1983; Joly, 1990; Ratté & Bergeron, 1997) démontrent qu'il existe des différences significatives au plan des attitudes et des comportements téméraires entre les jeunes conducteurs avec accidents et ceux sans accident. Par exemple, l'étude de Bergeron & Joly (1987) met en évidence que les mauvais conducteurs (avec accidents) décrivent des comportements moins prudents sur la route et expriment l'intention d'adopter des comportements risqués dans le futur.

Ces constatations laissent penser que les aspects motivationnels seraient moins importants au fur et à mesure que les gens vieillissent lorsqu'on analyse la nature de leur accident automobile.

Une étude récente menée au Japon (Keskinen, Ota, & Katila, 1998) indique par ailleurs que les accidents routiers des personnes âgées surviennent en partie parce qu'il existe deux catégories d'âge de conducteurs sur nos routes dont les styles de conduite entrent en conflit et ce, spécifiquement aux intersections. En effet, grâce à une caméra vidéo qu'ils ont placée aux intersections, ces chercheurs ont montré que les personnes âgées ne se distinguaient pas sur le plan des comportements attentionnels (mesurés par les mouvements de la tête) mais présentaient une différence significative au plan de leurs comportements d'accélération et leur temps intervalle temporel de sécurité lorsqu'ils effectuent un virage : le temps entre le véhicule qui circulait en ligne droite et celui qui effectuait un virage à gauche était généralement trop court lorsqu'un conducteur âgé procédait au virage et qu'un jeune conducteur approchait de l'intersection. Cette hypothèse demeure très intéressante mais ne nous indique pas par ailleurs les facteurs nous permettant d'identifier les conducteurs à risque et ce, surtout pour la population âgée.

Gebers & Peck (1992) se sont pour leur part intéressés au lien entre les infractions ou les accidents antérieurs (trois années précédentes) avec le nombre d'accidents subséquents sur un échantillon comprenant des conducteurs de 19 ans et plus. Ils ont constaté avec une analyse de régression que le lien entre les infractions antérieures et le niveau de risque tendait à augmenter de façon significative avec l'âge, plus spécifiquement pour les deux groupes les plus âgés (60-69, plus de 70). Des résultats différents ont cependant été obtenus pour les accidents antérieurs, suggérant

peu ou aucune interaction entre l'âge et le nombre d'accidents antérieurs. Cette étude comporte néanmoins quelques lacunes puisqu'elle ne fournit pas le taux de variance expliquée pour la variable « accidents subséquents » et ne spécifie pas comment évolue le lien entre l'âge et les dossiers antérieurs (d'accidents ou d'infractions) après soixante-dix ans. Nous savons, en effet, qu'après soixante-dix ans, les habitudes de conduite changent et qu'il y a une augmentation du taux d'accidents lorsqu'on considère le nombre de km parcourus (Preusser *et al.*, 1998). Le lien entre ces différentes variables pourrait donc être très différent après cet âge, ce qui gagnerait certainement à être investigué davantage.

1.2.1.2. Composantes physiques et cognitives

La vision est le principal sens utilisé lors de la conduite automobile. En fait, Shinar & Schieber (1991) évaluent à 95% la part des informations qui sont de nature visuelle en conduite automobile. Par contre, les études portant sur la relation entre la vision et la conduite automobile rapportent des résultats qui ne concordent pas avec cette importance de la vision pour cette activité. En effet, il semble que le lien entre la baisse du fonctionnement visuel et l'augmentation du nombre d'accidents soit davantage théorique qu'empirique, pour la population âgée du moins.

Les conducteurs âgés éprouvent plusieurs difficultés sur le plan visuel (dégénérescence maculaire, cataractes, etc.). Davidson (1985) a effectué une révision des études qui se sont intéressées à la relation entre l'acuité visuelle et la conduite automobile chez les personnes âgées. De façon étonnante, il constate que le lien statistique entre ces deux facteurs est relativement faible. Une étude plus récente avec des conducteurs de tous âges (Decina & Staplin, 1993) ne démontre aucun lien entre le

nombre d'accidents et l'acuité visuelle statique, le champ visuel horizontal ou la sensibilité aux contrastes. Par contre, chez les sujets de 66 ans et plus, une relation significative est retrouvée entre le risque d'accident et l'ensemble de ces trois facteurs. Toutefois, l'étude de Brown, Greaney, Mitchel & Lee (1993) montre des liens significatifs uniquement entre la sensibilité aux contrastes et le risque d'accident, chez les conducteurs de 50 ans et plus, mais pas en ce qui a trait à l'acuité visuelle.

Si l'acuité visuelle des conducteurs âgés se détériore et que la plupart des informations sont de natures visuelles en conduite automobile, comment expliquer un lien statistique aussi faible? Certains auteurs expliquent ce phénomène par les stratégies de compensation (Hakamies-Blomqvist, 1994; Joly et Brouwer, 1998; Tétreault, 1998). En effet, il s'avère que les conducteurs âgés adoptent des comportements moins à risque comparativement à l'ensemble de la population. Par exemple, ils réduisent leur nombre de km par année, conduisent moins souvent la nuit ou par mauvais temps, ont peu d'accidents causés par l'abus d'alcool (Hakamies-Blomqvist, 1994) et maintiennent une vitesse de conduite plus basse que les jeunes conducteurs (Schlag, 1993; Szlyk, Seiple, & Viana, 1995). Bien que cette population semble compenser pour ses difficultés sur le plan visuel, son taux d'accidents par kilomètre demeure pourtant élevé. Alors, l'origine des accidents chez pour la population âgée en général pourrait être d'une autre nature.

L'analyse des types d'accident de la population âgée et de la population plus jeune révèle des difficultés différentes, comme nous l'avons souligné précédemment. Effectivement, les conducteurs âgés ont des accidents dans des situations complexes (virage à gauche dans une intersection) où la compensation par la baisse de vitesse n'est pas appropriée (Schlag, 1993). Dans ces situations, l'attention semble un facteur

très déterminant. Des études démontrent en effet des liens entre les capacités attentionnelles et le risque d'accident automobile. En ce sens, Owsley et ses collègues ont tenté d'identifier, lors d'une première étude en 1991 (Owsley, Ball, Sloane, Roenker, & Bruni, 1991) et d'une seconde en 1993 (Ball, Owsley, Sloane, Roenker, & Bruni, 1993), les facteurs prédictifs des accidents automobiles des personnes âgées. Toutes les variables du modèle sont directement ou indirectement reliées à la fréquence d'accidents (variable dépendante). Une variable intermédiaire, l'attention visuelle, se trouve entre l'état des yeux, la vision périphérique ou centrale et le taux d'accidents. Le lien entre les variables mesurant la perception visuelle et le taux d'accident est donc indirect, mais direct avec l'attention visuelle. L'attention visuelle est mesurée à l'aide du UFOV (*Useful Field Of View*) qui est une épreuve permettant de mesurer l'aire spatiale à l'intérieur de laquelle une personne peut voir un stimulus dans une variété de situations différentes (Sanders, 1970; Verriest, Barca, & Dubois-Poulsen, 1983). L'attention visuelle a un lien significatif très direct et le plus élevé de toutes les variables avec la variable dépendante ($r=0,36$ pour l'étude de 1993; $r=0,46$ pour l'étude de 1991). Le statut mental, tel que mesuré par un score global au *Mattis Organic Mental Status Syndrome*, est également en lien direct significatif avec le taux d'accident (1993: $r=0,34$; 1991: $r=0,11$) et l'attention visuelle (1993: $r=0,32$; 1991: $r=0,31$). Malgré l'existence d'un lien significatif entre le fonctionnement intellectuel et le risque d'accident dans cette étude, il est toutefois faible. Ceci pourrait être causé par le fait que cette batterie comporte des sous-tests verbaux dont le lien est difficile à faire avec la conduite automobile et où les personnes âgées performant habituellement encore très bien. Donc, il est permis de supposer que le lien statistique entre la fréquence d'accidents et les «habiletés intellectuelles» serait plus important si l'on considérait par exemple les

fonctions ayant une implication plus ou moins importante en conduite et susceptibles de se détériorer avec l'âge telles les fonctions exécutives. De plus, l'UFOV et le niveau intellectuel sont reliés significativement l'un à l'autre, ce qui peut suggérer une atteinte d'un niveau cognitif supérieur, tel le SAS défini par Norman & Shallice en 1986 (voir section 1.3 : Supervisory Attentional System) et qui contrôle toutes les activités cognitives, comme l'attention ou le fonctionnement intellectuel.

D'autre part, l'étude de Parasuraman (1991) s'est penchée sur l'importance de l'attention dans la conduite automobile. Tout d'abord, Parasuraman distingue les processus automatiques des processus contrôlés. Les processus contrôlés incluent l'attention divisée, l'attention focalisée et l'attention soutenue. L'attention divisée est importante en conduite automobile puisqu'un conducteur doit constamment traiter plusieurs informations en même temps. Toutefois, il indique qu'au plan empirique le lien n'a pas été clairement démontré. Pour l'attention focalisée, la relation avec la conduite automobile est établie à la fois au niveau théorique et empirique. Sur le plan théorique, la conduite automobile est une tâche continue où il faut analyser les éléments pertinents de l'environnement et ignorer les éléments non pertinents. Sur le plan empirique, Parasuraman (1991) rapportent des études qui ont trouvé des corrélations significatives entre le taux d'accidents pour un an et l'écoute dichotique ($r = 0,37$, $p < .01$) ou le Trail A et B ($r = 0.43$, $p < .001$ pour les erreurs de flexibilité). De plus, ces corrélations sont plus importantes chez les conducteurs plus âgés. Cet auteur remarque que les difficultés observées dans ces tests d'attention qui sont en lien avec le taux d'accident représentent surtout des problèmes de flexibilité mentale (capacité de passer rapidement d'une information à une autre). Ces observations convergent vers celles de Tarawneeth, McCoy, Bishu, & Ballard (1993). Ces derniers ont en effet observé une

corrélation d'importance moyenne, de l'ordre de $-0,42$, entre une évaluation sur route (un point pour chaque bonne manœuvre) et le Trail B, mais aucune avec le Trail A. Alors que le Trail B exige une bonne capacité de flexibilité mentale, le Trail A, pour sa part, permet de vérifier la coordination visuo-motrice. Une étude effectuée par Hunt, Morris, Edwards, & Wilson (1993) auprès des patients atteints d'Alzheimer observe la plus grande corrélation ($r = 0,898$, $p < .0001$) entre la performance en conduite automobile (évaluée à l'aide d'un questionnaire sur les habitudes de conduite et d'un examen sur la route) et un test qui demande une capacité de passer d'un concept à un autre (flexibilité). Allant toujours dans ce sens, une étude récente réalisée en ergothérapie, toujours auprès de patients Alzheimer, indique un lien significatif entre une tâche ménagère impliquant les fonctions exécutives (ex : préparer un repas) et les capacités à conduire un véhicule, telles que mesurées par un test sur route (Beaulieu, 1999). Donc, les fonctions exécutives, comme la capacité de passer rapidement d'une information à une autre, semblent être des fonctions très importantes pour l'évaluation du risque d'accident en conduite automobile.

Étonnamment, très peu de recherches, mis à part celles mentionnées précédemment, se sont attardées au lien entre les fonctions exécutives et le risque d'accident routier chez les conducteurs âgés. Les études se sont attardées principalement aux mesures de mémoire, de langage et de perception et très peu d'entre-elles se sont penchées sur le rôle spécifique des fonctions exécutives ou elles ont utilisé des mesures non susceptibles de détecter un dysfonctionnement de ces processus, en lien avec la conduite automobile (Whelihan & DiCarlo, 1999).

1.3. Le Supervisory Attentional System (SAS)

Avant de débiter la description en détail du modèle du SAS, nous allons d'abord faire un bref rappel des fondements de la psychologie cognitive et de ses modèles. Disons d'abord que la psychologie cognitive tente de faire un lien entre le cerveau, les activités et les événements qui s'y produisent. Elle est née de l'idée que les activités ne peuvent pas se décrire seulement par les observations de nature physique. Elle tente donc de faire une description des événements qui ont lieu et des structures qui sont inscrites dans le cerveau (Le Ny, 1989). Rappelons les principes de ces modèles selon Hupet & Van der Linden (1997) : 1) le sujet interagit avec son environnement par un système de traitements symboliques; 2) ce système de traitement de l'information peut être décrit en termes de processus qui manipulent des représentations; 3) ces processus ou traitements prennent du temps, et s'accomplissent dans le cadre d'un système à capacité limitée; et 4) toute activité cognitive fait intervenir des traitements ascendants (dits *bottom-up* ou *stimulus driven*) et descendants (dits *top-down* ou *concept-driven*). Dans la littérature scientifique, on parle de plusieurs niveaux de traitement et on oppose souvent le bas niveau du haut niveau qui inclut l'idée d'une hiérarchie dans les traitements tout comme le suggère également l'opposition entre les systèmes ascendant et descendant. Le modèle du SAS que nous allons décrire s'intéresse d'abord au processus de haut niveau et privilégie le traitement de type descendant. Le modèle du SAS permet une meilleure compréhension des niveaux d'intégration reliés aux fonctions de planification sous la dépendance des lobes frontaux. Mentionnons tout d'abord que les lobes frontaux sont les structures cérébrales situées antérieurement à la scissure de Rolando (centrale) et au-dessus de

la scissure le Sylvius (latérale). Ces structures représentent environ un tiers de la masse des hémisphères cérébraux chez l'humain. Au niveau anatomo-fonctionnel, chacun des lobes frontaux peut être divisé en trois zones distinctes (Botez, 1996) : l'aire 4; les aires prémotrices (aires 6, 8, 44, 45 et une partie de l'aire 9); et enfin, le cortex préfrontal. Le SAS serait sous la dépendance du cortex préfrontal qui est une zone tertiaire de haute intégration autant du comportement moteur que des autres formes de conduite. Dans la littérature scientifique, nous retrouvons plusieurs termes pour identifier ces fonctions d'intégration. Le terme « système frontal » ou « fonctions frontales » provient d'un domaine plus anatomique de base (Stuss, 1992). Nous retrouvons pour ces même fonctions des termes différents dans le domaine de la psychologie cognitive, tels « fonctions exécutives » ou « SAS » qui peuvent être considérés comme des synonymes. Dans les sections qui vont suivre, nous allons d'ailleurs utiliser les deux termes de la psychologie cognitive puisque, comme nous le verrons plus loin, les aires préfrontales ont des connexions importantes avec d'autres structures corticales ainsi qu'avec des structures sous-corticales ce qui ne nous permet pas de parler strictement de « fonctions frontales ».

1.3.1 Définition du modèle du SAS

Norman & Shallice (1980, 1986) et Shallice (1988) ont introduit un modèle du traitement des informations qui comporte deux prémisses importantes. D'abord, il existe un système unitaire de niveau supérieur, le *Supervisory Attentional System* (SAS) qui module, mais ne dicte pas le fonctionnement cognitif. Ensuite, il existe deux types de processus attentionnels : automatique et contrôlé. Ce modèle peut être comparé au modèle de Baddeley (1986, 1993) sur la mémoire de travail qui distingue

également deux différents systèmes de contrôle tout comme d'autres modèles plus anciens, comme celui de Luria (1966). Selon Burgess & Shallice (1994), l'exécution routinière de la plupart de nos actions est rendue possible par des schémas, c'est-à-dire par une activation organisée des sous-systèmes impliqués dans la réalisation de l'action. Ces schémas sont contrôlés par des mécanismes automatiques de résolution de conflits. Par exemple, les processus automatiques dans la conduite automobile surviennent après l'apprentissage des manœuvres (système d'embrayage, peser sur le frein lors d'un arrêt, etc.). Par contre, dans certaines situations comme lors d'une résolution de problèmes, de l'apprentissage de nouvelles habiletés ou d'activités dangereuses ou difficiles, un mécanisme de contrôle, le SAS par exemple, biaise les niveaux d'activation en faveur de certains schémas de façon à ce qu'ils puissent être sélectionnés selon l'objectif visé. Une atteinte au niveau du SAS se traduit par une conservation de l'exécution des tâches routinières, mais une difficulté lorsque les tâches sont nouvelles ou demandent une certaine planification (Shallice, 1982). Shallice (1982) précise qu'il existe deux caractéristiques d'une atteinte de SAS: d'abord, lorsque l'environnement demande à l'individu de changer de comportement routinier, le changement se fait lentement; ensuite, si l'environnement offre des indices de changement, il est impossible à l'organisme de prévoir ou de planifier un schéma approprié, alors l'individu persévère dans son comportement ou sa réponse. Alors que le SAS était considéré comme un concept unitaire, des études récentes (Shallice & Burgess, 1991; Stuss, Alexander, Palumbo, Buckle, Sayer, & Pogue, 1994;) ont démontré la possibilité d'un fractionnement. En effet, l'hétérogénéité des résultats concernant les syndromes frontaux nous a permis de comprendre que plusieurs systèmes sous-tendaient le SAS. Récemment, Stuss, Shallice & Alexander (1995) ont

repris l'ancien modèle en suggérant que le SAS puisse comporter cinq processus indépendants: Le contrôle de l'activation des schémas (*monitoring*), l'activation des schémas (*energizing*), l'inhibition des schémas (*inhibiting*), l'ajustement face aux conflits de programmation (*adjustment of contention-scheduling*) et le maintien d'une série de processus mentaux (*control of "if-then" logic processus*). Ceux-ci peuvent être activés en concomitance, ce qui dépendra de la nature de la tâche.

1.3.2. SAS et tests cliniques

Dans la documentation scientifique existante, nous pouvons remarquer un certain nombre de recouvrements entre la définition des fonctions exécutives et celles des autres fonctions telles que l'attention partagée, la mémoire de travail, la mémoire à court terme et même le langage. D'ailleurs, les mêmes tests sont utilisés pour mesurer plusieurs fonctions. Ceci dépend en partie du fait que divers auteurs encadrent les mêmes situations expérimentales et les performances dans des modèles qui ne sont pas toujours compatibles entre eux (Baddeley, 1993). D'ailleurs, certaines tâches identifiées comme des épreuves attentionnelles sont les tâches utilisées pour évaluer les fonctions exécutives (ex : Trail A et B). Les fonctions exécutives représentent le plus haut niveau dans la hiérarchie des phénomènes cognitifs. En conséquence, les autres fonctions cognitives telles l'attention, la mémoire ou le langage sont étroitement dépendantes du SAS et, par le fait même, celui-ci peut contribuer à la performance dans tous les tests cognitifs mesurant ces fonctions. Par contre, il faut souligner que le modèle du SAS implique la capacité de planifier, d'anticiper et de s'ajuster aux feedbacks, ce qui n'est pas le cas dans les modèles attentionnels. Il se peut que ces

capacités (planification, anticipation et ajustement) soient très importantes en conduite automobile, surtout en ce qui a trait à la compensation. En effet, pour être en mesure de compenser des déficits (ex: suite à une mauvaise manœuvre), il faut être en mesure de s'ajuster aux indices environnementaux et de planifier de nouvelles façons de procéder.

Les tâches les plus utilisées (Lezak, Gall, & Aubin, 1994; Tranel, Anderson, & Benton, 1994) pour évaluer les fonctions exécutives et qui feront l'objet de notre étude sont: *le Wisconsin Card Sorting Test (WCST)*, *le Stroop Color Word Test (SCWT)*, *le Trail Making Test (TMT)* et *La Tour de Londres (TL)*. Par contre, il est également juste de dire que les liens entre la notion de fonctions exécutives, et les tests des fonctions exécutives, sont précaires comme le décrivait Burgess & Shallice (1994). Une altération des fonctions exécutives peut en effet apparaître à n'importe quel niveau de la séquence d'actions mises en jeu par une activité. Donc, l'interprétation des tests en rapport avec la nature précise des fonctions en jeu est d'une importance maximale. Bien qu'il demeure encore très difficile d'isoler chacune des composantes du SAS avec les épreuves neuropsychologiques actuelles, nous pouvons néanmoins vérifier son fonctionnement dans sa globalité à l'aide de ces différents tests.

1.3.3. Le SAS et le vieillissement normal

En psychologie cognitive, nous pouvons distinguer deux courants principaux dans la recherche sur le vieillissement normal qui comportent chacun leur propres limites: les approches analytiques (ou locales) et les approches globales. D'une

manière générale, les approches locales tentent d'identifier les composantes de traitement d'information spécifiquement affectées par le vieillissement. Ces approches souffrent de l'absence de modèle permettant l'intégration des autres processus dans le traitement de l'information (Hupet & Van der Linden, 1997). Les approches globales pour leur part postulent que le déclin cognitif est associé à un nombre de ressources restreintes dans le traitement, ce qui tendrait à diminuer avec l'âge. Ces dernières sont en attente de modèles qui précisent le lieu des ressources de traitement pour les tâches spécifiques (Light & Burke, 1993).

Pour les approches analytiques s'intéressant aux fonctions spécifiques dont l'efficacité varie avec le vieillissement, comme il a été souligné auparavant, les fonctions les plus atteintes par le vieillissement normal sont la mémoire et les fonctions exécutives (Boller *et al.*, 1996). D'ailleurs, lorsqu'on considère l'intelligence elle-même, c'est l'intelligence fluide telle que mesurée par les sous-tests non-verbaux du Wechsler Adult Intelligence Scale (Botwinick, 1977) qui serait la plus atteinte chez la personne âgée normale. Ce type d'intelligence pourrait représenter la capacité à faire face à toutes nouvelles situations, contrairement à l'intelligence cristallisée qui est définie comme l'ensemble des connaissances qu'a pu intégrer un individu. Les faiblesses que l'on retrouve avec le vieillissement seraient donc reliées au SAS, tandis que l'intelligence cristallisée, qui est conservée avec le vieillissement, reflète davantage l'apprentissage et l'expérience.

Les études qui se sont penchées sur les performances des personnes âgées normales dans des tâches mesurant les fonctions exécutives constatent d'ailleurs une détérioration évidente avec l'âge. En effet, une étude de Daigneault, Braun, & Whitaker (1992) montre que les personnes âgées commettent des erreurs de persévération lors du changement de critères dans le test du *Wisconsin Card Sorting Test*. Les auteurs suggèrent que ces difficultés traduisent davantage une altération de la capacité à contrôler et à diriger les processus mentaux qu'une détérioration de la capacité à former des concepts. De la même façon, des études confirment que, la population âgée normale, comparée à celle de sujets plus jeunes, se caractérise par un ralentissement important des réponses dans la dernière condition de la tâche du Stroop (Daigneault, Braun, & Whitaker, 1992) et aussi un certain nombre d'erreurs principalement persévératives (Whelihan & Lescher, 1985). Les mécanismes d'élaboration d'un plan et d'intégration temporelle ont été étudiés avec le Labyrinthe de Porteus. L'étude déjà mentionnée auparavant (Daigneault *et al.*, 1992) démontre que les personnes âgées ont une baisse significative de leur performance comparativement aux plus jeunes dans ce type de tâche. Les sujets âgés respectent les contraintes imposées et ne montrent pas d'impulsivité. Toutefois, ils commettent un grand nombre d'erreurs de persévération. Les auteurs concluent en une réduction de la capacité de choisir le mode d'action le plus approprié au but en fonction des modifications de l'environnement (baisse de la planification et du maintien d'une série de processus mentaux). Plusieurs autres études s'intéressant aux fonctions exécutives vont également dans ce sens (Brennan, Welsh, & Fisher, 1997; Graf, Uttl, & Tuokko, 1995; Mejia, Pineda, Alvarez, & Ardila, 1998; Parkin & Java, 1999; Raz, Gunning-Dixon, Head, Dupuis, & Acker, 1998).

Cette constatation est également observée dans les études utilisant les techniques d'imagerie fonctionnelle. Par exemple, on constate, dans une étude utilisant la tomographie par émission de positrons (TEP), une diminution de l'activité (baisse du glucose et/ou oxygène), plus grande dans les lobes frontaux (Kuhl, Metter, Riege, & Phelps, 1982; Yamaguchi, Kanno, & Uemura, 1986). Plus récemment, une étude (Martin, Friston, Colebatch, & Frackowiak, 1991) a démontré une réduction du débit sanguin cérébral non pas au niveau du lobe frontal, mais plutôt au cortex cingulaire, parahippocampique, supéro-temporal, médio et postéro-frontal. Toutefois, il faut comprendre que les fonctions frontales et les fonctions exécutives sont associées étroitement, mais ne sont pas synonymes (Boller *et al.*, 1996). En effet, des sujets avec des lésions frontales peuvent avoir préservé leurs fonctions exécutives et inversement; certains sujets avec des lésions autres que frontales ne sont pas en mesure d'effectuer des tâches en rapport avec les fonctions exécutives. Alors, il est difficile à l'heure actuelle d'unifier de manière significative les données neurobiologiques liant le vieillissement et la baisse du fonctionnement cognitif. Cependant, les résultats suggèrent une réduction de l'efficacité des fonctions exécutives avec le vieillissement, ce qui pourrait expliquer les difficultés rencontrées par les personnes âgées dans la conduite automobile.

Face à ces résultats, il faut cependant demeurer prudent car il n'est pas encore clair que les études de groupe évaluent le processus normal du vieillissement. En effet, dans le domaine de la recherche en gériatrie, il faut tenir compte simultanément de plusieurs sources de variation. Par exemple, dans les études de type transversal, qui

comparent des sujets jeunes à des sujets plus âgés, les différences retrouvées peuvent s'expliquer par des facteurs non-cognitifs qui différentient ces deux cohortes. Des études (Nesselroade & Labouvie, 1985; Schaie & Hertzog, 1985) démontrent en effet que les deux groupes diffèrent inévitablement au plan de leurs expériences scolaires et sociales, de leur état de santé, de leur niveau d'activité quotidien, de la proximité avec un enseignement formel, de leur efficacité intellectuelle verbale ou encore de leur motivation à effectuer les tâches de laboratoire. Il est alors très difficile de contrôler tous ces aspects. D'autre part, les études de type longitudinal soulèvent également des problèmes puisqu'il faut tenir compte des variations socioculturelles ou de tous les autres changements entre les évaluations. De plus, ces études sont confrontées au fait que plusieurs sujets abandonnent en cours de route, soit par baisse de motivation ou, plus probablement, par un changement au niveau de la santé générale et même pour cause de décès.

Peu importe le type d'étude, tous s'accordent pour affirmer qu'il existe une augmentation de l'hétérogénéité interindividuelle avec le vieillissement, ce qui a également été soulevé dans le domaine de la conduite automobile. Alors qu'auparavant cette hétérogénéité était considérée comme un artefact en lien avec la différence entre les échantillons sélectionnés, plusieurs chercheurs croient maintenant que cette hétérogénéité constitue au contraire une caractéristique de la population âgée et doit être étudiée ainsi (Valdois & Joannette, 1991). Une étude récente (Mitrushina, Uchiyama, & Satz, 1995) portant sur le fonctionnement cognitif d'un échantillon tiré de la population âgée normale démontre par exemple l'existence de plusieurs sous-groupes, dont trois présenteraient un stade pré-clinique de démence, ce qui expliquerait

alors l'hétérogénéité observée chez cette population. Il se peut que les déficits cognitifs précoces de la maladie d'Alzheimer (MA) puissent être confondus avec le vieillissement normal (Hupet & Van der Linden, 1997). Cela est plus probable à mesure que les gens vieillissent puisque certains chercheurs (Evans, Funkenstein, Albert, Scherr, Cook, Chown, Hebert, Hennekens, & Taylor, 1989) évaluent la prévalence de la MA (qui représente 80% des démences) à 3% pour les sujets de 60 ans et à 47% pour ceux qui ont plus de 75 ans.

Bien que les déficits cognitifs associés au processus normal de vieillissement ne soient pas encore clairement définis, dans le domaine de la conduite automobile, nous nous intéressons davantage aux habiletés cognitives nécessaires pour maintenir un niveau de risque d'accident routier acceptable et ce, que les déficits soient liés à un processus normal ou pathologique (démence, trouble cardiovasculaire, etc.). Il est donc important de connaître les facteurs qui permettent de prédire le maintien de ces habiletés. Une étude longitudinale (Mortimer, 1990) démontre la présence de facteurs permettant le maintien d'un bon niveau de capacité cognitive : l'absence de problèmes cardiovasculaires, un environnement favorable (niveau socio-économique élevé) et stimulant, une personnalité flexible à l'âge moyen, le fait d'être marié à un conjoint avec un statut cognitif élevé, le maintien d'une bonne vitesse de perception, le fait d'être satisfait de sa vie en général et le maintien des fonctions visuelles et auditives. Dans le contexte de la santé, la maladie à elle seule n'est pas un facteur prédictif suffisant pour prédire le risque d'accident routier car une limite fonctionnelle peut être entraînée par une condition médicale alors que chaque personne ayant cette condition médicale ne sera pas nécessairement limitée de la même façon (Dobbs, Heller, & Schopflocher, 1998).

1.3.4. Le SAS et les modèles de la conduite automobile

Il existe plusieurs modèles pour expliquer les processus impliqués dans la conduite automobile. Des modèles motivationnels sont apparus entre les années 1960 et 1970. L'hypothèse de ces modèles reposait sur le fait que les conducteurs sélectionnent le niveau de risque qu'ils peuvent tolérer dans chaque situation. L'ajustement se fait généralement par rétroaction avec l'analyse des erreurs actuelles (au volant) ou des expériences passées (accidents). Un exemple de modèle motivationnel est celui de l'homéostasie du risque de Wilde (1982). Cet auteur a introduit un modèle de compensation du risque où les conducteurs ajustent leur façon de conduire (ex: vitesse) en établissant un équilibre entre ce qui arrive sur la route et leur niveau de tolérance au risque. Ce modèle implique que ce sont les motivations favorisant ou non la prudence et non pas la compétence qui aura un impact sur la sécurité automobile. Ainsi, toute amélioration de la sécurité qui résulte d'une intervention non motivationnelle (amélioration de l'état des routes, de l'état du véhicule, etc.) va être compensée par une prise de risque accrue de l'individu qui cherche à maintenir un certain niveau de risque accepté. Ce modèle incorpore des mécanismes internes difficiles à mesurer et permet difficilement de prédire quel individu est le plus à risque. Par exemple, ce modèle incorpore la notion de feed-back mais est peu explicite sur l'impact des troubles cognitifs (v.g. fonctions exécutives) qui affectent la capacité d'utilisation du feed-back. Cette dernière considération est particulièrement importante pour les personnes dont le fonctionnement cognitif ne permet pas d'évaluer adéquatement le niveau de risque encouru lorsqu'elles conduisent un véhicule. La difficulté à utiliser le feed-back (ajustement) pourrait entraîner chez elles une sous-

estimation du risque réel et potentiellement un plus grand nombre d'accidents. Donc, l'introduction des fonctions cognitives dans ces modèles est très importante.

Les modèles de la conduite automobile mettant l'accent sur les processus de traitement de l'information démontrent une séquence des niveaux, laquelle inclut la perception, la décision, la sélection et l'exécution d'une réponse (Ranney, 1994). Ces modèles, comme le modèle de Norman & Shallice (1986), considèrent l'importance des processus automatiques et des processus contrôlés dans la conduite automobile. Par exemple, le modèle de Michon (1979) propose trois niveaux interactifs : le niveau stratégique (la planification du trajet, le choix du mode de transport), le niveau tactique (le choix d'une manœuvre dans une situation) et le niveau opérationnel (l'ajustement de la manœuvre). Toutefois, cet auteur ne précise pas les mécanismes de contrôle. Rasmussen (Hale, Stoop, & Hommeis, 1990) a repris ce modèle en y incorporant ces mécanismes de contrôle. Les mécanismes de compensation surviennent donc à tous les niveaux de contrôle et exigent de bons processus cognitifs (ex : traiter plusieurs informations simultanément, capacités d'ajustement, etc.).

Tous ces modèles, qu'ils soient motivationnels ou du traitement de l'information, nous indiquent que la compensation est une variable très importante. En effet, nous savons que les personnes âgées ajustent leur conduite automobile selon leurs déficits visuels (Brouwer, Waterink, Van Wolffelaar, & Rothengatter, 1991, Hakamies-Blomqvist, 1994; Joly & Brower, 1998; Maag, Joly, Gagnon, Desjardins, Messier, & Laberge-Nadeau, 1998; Tétreault, 1998). En effet, les études révèlent que les personnes âgées planifient leurs trajets d'une manière pouvant réduire les risques

qu'elles prennent en conduisant peu le soir ou par mauvais temps et en réduisant leur vitesse. Ce type de compensation ne peut se faire que si les fonctions cognitives, en particulier les fonctions exécutives, sont fonctionnelles. Par contre, on peut penser que si la baisse des fonctions cognitives chez certaines personnes âgées touche les fonctions exécutives qui sont nécessaires pour résoudre un problème ou pour s'ajuster au fur et à mesure, ces personnes ne pourront évaluer leurs propres déficits et, par conséquent, ne pourront compenser ceux-ci adéquatement. Comme il a été souligné précédemment, ce sont les fonctions exécutives ou le SAS qui permettent à l'individu de s'ajuster face à un conflit (ex: mauvaise manœuvre), ce qui pourrait expliquer les difficultés rencontrées chez certains conducteurs âgés. Une étude récente va d'ailleurs dans ce sens (Tétrault, 1998). Elle démontre que les sujets plus jeunes (entre 25 et 55 ans) qui se plaignent de troubles de perception visuelle ou de troubles cognitifs déclarent avoir des comportements plus prudents sur la route alors que pour les sujets âgés (plus de 65 ans), le lien entre les comportements adaptatifs et les déficits perçus n'a été mis en évidence que pour les troubles visuels et non pas pour les troubles cognitifs. Cette constatation porte à croire que les comportements de compensation ne s'appliquent pas à tous les conducteurs âgés, spécifiquement pour ceux qui ont des troubles cognitifs.

En résumé, les études précédentes indiquent que le vieillissement fait augmenter le risque d'accident d'automobile, mais l'âge à lui seul ne peut prédire quelles sont les personnes à risque. De plus, le lien entre une fonction cognitive spécifique et cette augmentation de risque n'est pas encore élucidé. Pour les personnes âgées, les recherches s'accordent pour affirmer que la baisse des fonctions

cognitives affecte la conduite automobile mais elles ne permettent pas encore de prédire quelle personne est plus à risque ou à quel moment on doit retirer le droit de conduire. Cette question est encore d'actualité.

2. Objectifs de la recherche

Cette recherche comporte deux étapes. La première étape a pour but de décrire les caractéristiques des accidents d'automobile effectués par la population des conducteurs âgés de 65 ans et plus du Québec en 1997, entre 1992 et 1997. Elle vise également à analyser le lien entre les accidents ou les infractions antérieures (entre janvier 1992 et décembre 1994) et le niveau de risque d'accident routier (nombre d'accidents entre janvier 1995 et juin 1997). En résumé, les objectifs spécifiques de la première étape sont:

Article 1 (N=426 408)

- 1. Définir les types d'accidents caractérisant les conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997 à partir de leurs dossiers de conduite.**
- 2. Vérifier le lien statistique entre les accidents ou les infractions des trois premières années (1992-1993-1994) et les accidents des trois dernières années (1995-1996-1997) pour cette population âgée.**

La seconde étape inclut deux études. La première de ces études porte sur un échantillon de 180 hommes constitué à partir de la population des conducteurs âgés de 65 ans et plus, divisés en deux groupes: 90 sans accident et 90 avec accidents (trois ou plus au cours de la période de janvier 1994 à juin 1997). Dans le cadre de la deuxième étude, une partie de cet échantillon, soit 60 sujets, toujours divisés selon leur nombre d'accidents (30 avec accidents et 30 sans accident), sont évalués à l'aide de questionnaires sur les attitudes et comportements routiers ainsi qu'avec des tests neuropsychologiques. Dans chacune des deux études, nous vérifions si les différences entre les deux groupes (avec et sans accidents) varient en fonction de l'âge, en subdivisant ces groupes en deux groupes d'âge (65-74, 75 et plus).

En résumé, les objectifs spécifiques de cette seconde étape sont:

Article 2

Étude 1 (n=180 sujets)

1. Vérifier si les deux groupes constitués sur la base de leurs accidents antérieurs se distinguent au plan de leurs expériences et leurs habitudes de conduite automobile.

Étude 2 (n=60 sujets)

2. Déterminer si ces deux groupes d'accident se distinguent au plan de leurs habiletés cognitives, plus spécifiquement au plan des fonctions exécutives, à l'aide de quatre tests neuropsychologiques.
3. Déterminer si ces deux groupes se différencient au plan des attitudes et des comportements routiers, tels qu'évalués par un questionnaire.
4. Vérifier si ces deux groupes sont différents pour ce qui est de la dimension socio-démographique (revenu, niveau d'éducation, état civil) et de leur état de santé générale.
5. Étudier les effets de l'âge sur les habitudes de conduite automobile, les fonctions exécutives et les attitudes et comportements routiers.

3. Hypothèses de recherche

À la lumière de la documentation scientifique consultée, les hypothèses de recherches sont les suivantes:

Première étape

1. Les conducteurs âgés de 65 ans et plus se distinguent de l'ensemble de la population en ce qui a trait à leurs types d'accidents.
2. Le dossier de conduite (infractions ou accidents antérieurs) nous permet de prédire le risque d'accident routier pour la population âgée.

Deuxième étape

1. Dans la population des conducteurs âgés, les individus qui ont des accidents à répétition se distinguent significativement des conducteurs qui n'en ont pas, au plan des fonctions exécutives telles qu'évaluées par les tests les plus utilisés en clinique (*Wisconsin Card Sorting Test*, *Tour de Londres*, *Stroop Color Word Test* et *Color Trail Test*).

Comme les données existantes indiquent que les accidents des conducteurs âgés se caractérisent par des erreurs plutôt que par des comportements téméraires, il est difficile de prédire comment les conducteurs de cette population ayant accumulé des accidents se distinguent des conducteurs sans accident en rapport avec les habitudes de conduite, les attitudes et les comportements routiers.

4. Méthodologie

Tel que mentionné au début, la présente recherche a fait l'objet de la rédaction de deux articles scientifiques qui ont été soumis pour publication :

Article 1 : Previous Convictions or Accidents and the Risk of Subsequent Accidents of Older Drivers, accepté par la revue : *Accident Analysis and Prevention*.

Article 2 : Executive Functions in the Evaluation of Accident Risk of Elderly Drivers, soumis à *Clinical and Experimental Neuropsychology*.

Ces deux articles sont rapportés au Chapitre 2. Nous ferons dans cette section un bref rappel de la méthodologie étant donné que cette partie est parfois limitée à l'intérieur des articles.

4.1. Sujets

Cette étude se penche d'abord sur l'analyse statistique des dossiers de conduite automobile, tels que fournis par la SAAQ, et portant sur toute la population des conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997. Cette analyse nous permet par ailleurs de cibler des conducteurs sans accident et d'autres avec accidents, ainsi que d'établir un critère de sélection de trois accidents en cinq ans, pour créer notre échantillon de la seconde étape de la recherche. Ce critère de sélection retenu nous permet d'avoir un nombre suffisant de sujets habitant dans la région Métropolitaine et la Montérégie. Au

total 1868 hommes titulaires d'un permis de conduire ont reçu un questionnaire par la poste, envoyé par la SAAQ et accompagné d'une lettre d'invitation. De ce nombre, 670 avaient trois accidents et plus et 1198 n'avaient aucun accident. Les sujets devaient envoyer leurs réponses par la poste grâce à une enveloppe pré-adressée à la SAAQ. Des 1868 conducteurs sollicités, 639 (34.2%) ont répondu, incluant 204 avec accidents (30.4% des 670) et 435 sans accident (36.3% des 1198). Pour la première étude de l'étape 2, nous avons sélectionné un premier échantillon de sujets avec et sans accidents qui ont été pairés selon leur âge. Pour l'étude 2, une partie de cet échantillon a été rencontrée à domicile.

La première étape de cette recherche porte donc sur l'analyse des dossiers, de conduite de 1992 à 1997, des 426 408 titulaires de permis du Québec âgés de 65 ans et plus en 1997. Les résultats sont présentés dans l'article portant sur les caractéristiques des accidents de cette population et la valeur prédictive des variables infractions ou accidents antérieures pour le risque d'accident. Pour cet article, nous avons utilisé la méthode de régression linéaire, tel que l'avaient fait Gebers & Peck (1992). Mentionnons que le but de la recherche n'était pas de vérifier en profondeur le lien entre les variables infractions ou accidents antérieurs et le niveau de risque subséquent mais plutôt de vérifier si les résultats obtenus par Gebers & Peck (1992) pour la population générale s'appliquaient à une population de conducteurs âgés. L'utilisation d'une méthode similaire nous a donc permis d'obtenir des données comparables à celles de ces deux chercheurs. D'autres méthodes auraient pu être appliquées dont la régression logistique ou celles provenant des modèles économétriques (Boyer, Dionne et Vanassa, 1992; Dionne-Vanassa, 1992). Ces

dernières auraient eu l'avantage de tenir compte de la distribution non normale des accidents (v.g. selon la loi de Poisson).

Dans la seconde étape de la recherche, la première étude porte sur un échantillon de 180 sujets tirés de la population des conducteurs âgés de 65 ans et plus, au Québec, en 1997 (90 sans accident et 90 avec trois accidents et plus de 1992 à 1997) La seconde étude porte pour sa part sur une partie de cet échantillon, soit 60 sujets (30 avec accident et 30 sans accident) qui s'est prêtée à l'évaluation des fonctions cognitives ainsi qu'à la mesure des attitudes et comportements sur la route, à l'aide de tests cognitifs et de questionnaires. Les résultats obtenus grâce à ces deux échantillons constituent la matière du deuxième article.

La méthode utilisée ainsi que les tests statistiques sont décrits dans la partie méthodologie de chaque article.

4.2. Critères d'exclusion

Pour la première étape, il n'y a pas de critère d'exclusion puisqu'elle porte sur tous les titulaires de permis de conduire, âgés de 65 ans en 1997, pour toute la province du Québec. Les sujets inclus dans l'étude sont ceux qui avaient un permis valide pendant la période de 6 ans (1992-1997) et donc nous n'avons pas eu à traiter d'entrée ou de sortie d'observations.

Pour la seconde étape, seuls les hommes âgés de 65 ans et plus, titulaires d'un permis de conduire en 1997, ont été sélectionnés. Les femmes n'ont pas été sélectionnées pour cette étape car leur expérience sur la route diffère de celle des hommes et, conséquemment, d'autres variables peuvent expliquer leur accidents routiers (Dobson, Brown, Ball, Powers & McFadden, 1999; Hu, Trumble, Folley, Eberhard, & Wallace, 1998; Stamatiadis, 1996). Pour les deux échantillons, les régions choisies sont celles de la Montérégie et de la région Métropolitaine (Montréal et Laval) en raison de leur proximité physique et de notre capacité de déplacement. Dans ces deux études, le seul facteur d'exclusion était un trop faible usage des véhicules routiers (moins de 5 000 km par année). Ceci nous a permis d'avoir une représentation la plus générale possible de la population des conducteurs âgés (incluant des personnes ayant des problèmes de santé) et de s'assurer que l'absence d'accident ne s'explique pas entièrement par un temps de conduite trop faible. Les 180 sujets sélectionnés pour la première étude de l'étape 2 ont été pairés selon leur âge par strate de 5 ans soit, 65-69, 70-74, 75-79 et 80 et plus. Dans la dernière étude, des 180 sujets qui avaient accepté de participer à la recherche, 30 hommes sans accident (aucun accident) ont été jumelés aux 30 sujets du groupe avec accidents (3 accidents et plus), en ce qui a trait à l'âge, le nombre de km parcouru en 1997 et la municipalité, pour constituer le deuxième échantillon de 60 sujets.

4.3. Instruments de collecte de données

Tel que mentionné, la première partie de l'étude ne requiert pas d'instruments spécifiques mais consiste en une analyse des dossiers de conduite obtenus de la SAAQ, pour les années de 1992-1997. Pour cette étape, nous avons également utilisé

des données de la population générale en rapport avec des codes d'impacts, afin de comparer nos résultats (Service des Études et des Stratégies en Sécurité Routière, rapport daté du 16 juin 1998). Vous allez retrouver en annexe le type de rapport qu'utilisent les policiers pour décrire les accidents.

Dans la seconde partie, le premier échantillon a reçu par la poste un questionnaire tiré du questionnaire de Joly & Brouwer (1998) et portant sur les habitudes de conduite (vitesse, situations évitées, âge du premier permis de conduire, etc.). Le second échantillon, pour lequel l'expérimentation s'est effectuée au domicile du sujet, a utilisé quatre tests neuropsychologiques, le questionnaire ACR portant sur les attitudes et les comportements sur la route (Bergeron & Joly, 1987) ainsi qu'une seconde partie du questionnaire de Joly & Brouwer (1998) portant sur des variables socio-démographiques et caractéristiques générales des sujets. Les tests neuropsychologiques utilisés sont décrits dans la partie *Dependant variables* du deuxième article et sont ceux que l'on retrouve dans la plupart des études sur les fonctions exécutives, c'est-à-dire le *Wisconsin Card Sorting Test*, le *Stroop Color Word Test*, le *Color Trail Test* et la Tour de Londres. La présente section fournit des informations additionnelles sur les questionnaires utilisés dans notre recherche, qui sont moins susceptibles d'être connus, comparativement aux tests cognitifs, car ces derniers ont été administrés comme ils le sont couramment en clinique. Pour ces différents tests cognitifs, nous n'avons pas procédé à une administration avec un ordinateur, ce qui aurait demandé un équipement plus sophistiqué, tel une souris, et aurait fait appel à d'autres facteurs que les fonctions exécutives (v.g. capacité de manipuler une souris, non automatisée chez toutes les personnes âgées).

Pour la seconde partie de l'étude, les données du premier échantillon (étude 1) proviennent d'un questionnaire sur les habitudes de conduite;

4.3.1 Questionnaire sur les habitudes de conduite (tiré de Joly et Brouwer, 1998)

Ce questionnaire a été élaboré afin de mesurer les habitudes de conduites. Il est une traduction française du questionnaire de Joly & Brouwer (1998) qui a été validé dernièrement auprès de la population âgée (Tétrault, 1998). Afin d'alléger la procédure pour augmenter le taux de réponse, seulement une partie du questionnaire a été soumise aux sujets. Nous avons retenu différentes échelles : a) la fréquence de conduite (en général et de nuit) b) les situations difficiles évitées (en général, sur le plan cognitif et sur le plan perceptuel) c) la vitesse sur différents types de route (zone urbaine, zone rurale et autoroutes).

L'échelle mesurant la fréquence de conduite dans diverses situations comprend 6 questions (exposition au risque général) pour lesquelles le choix de réponse va de (1) « tous les jours ou presque » à (5) « jamais »;

- ❖ En général, à quelle fréquence conduisez-vous une auto?
- ❖ À quelle fréquence conduisez-vous la nuit?
- ❖ À quelle fréquence roulez-vous sur les types de route suivants?
 - En ville
 - Sur des routes de campagne
 - Sur des autoroutes urbaines
 - Sur des autoroutes, en dehors des villes

Pour l'analyse, nous avons d'abord calculé l'exposition au risque générale (somme des 6 questions; coefficient alpha d'homogénéité interne = .70, Tétreault, 1998) et ensuite l'exposition au risque la nuit seulement.

L'échelle mesurant les situations d'évitement comprenait 15 situations difficiles en général (coefficient d'homogénéité interne = .90, Tétreault, 1998):

- 1) Une intersection complexe
- 2) Un centre-ville inconnu
- 3) Un centre-ville achalandé
- 4) Les longues distances (v.g. plus de 150 km)
- 5) Un virage à gauche à une intersection
- 6) Une insertion dans une circulation rapide
- 7) Une circulation dense à l'heure de pointe
- 8) La conduite par mauvais temps
- 9) La conduite avec un soleil couchant dans les yeux
- 10) La conduite de nuit
- 11) Un changement de voie sur l'autoroute
- 12) Un stationnement intérieur
- 13) Une route de campagne
- 14) Un rond-point
- 15) Une autoroute

Pour chaque type de situation, le sujet doit indiquer la fréquence d'évitement de (1) « toujours » à (5) « jamais ».

L'échelle d'évitement sur le plan cognitif comprend 7 questions (1 à 7 de l'échelle précédente) et l'échelle d'évitement sur le plan visuel comprend 3 questions (8, 9 et 10).

Les coefficients d'homogénéité interne pour ces deux échelles sont de .88 et .79, respectivement (Tétreault, 1998).

Pour le second échantillon (60 sujets), les données obtenues ont été recueillies à partir des trois instruments suivants.

4.3.2 Questionnaire ad hoc sur les informations socio-démographiques et les caractéristiques générales des sujets (tiré de Joly et Brouwer, 1998)

Il s'agit de la seconde partie du questionnaire conçu par Joly & Brouwer (1998). Il porte sur a) le revenu familial en 1997, b) le statut civil (marié ou habitant avec un conjoint ou vivant seul), c) niveau d'éducation, d) problèmes de santé ou troubles visuels connus par le sujet, e) nombre de km parcourus à différents âges (20, 30, 40, 50, 60 et 70 ans), f) changement de la vitesse habituelle sur la route depuis 1, 5 et 10 ans (aucun, augmentation ou diminution), et g) nombre d'accidents et infractions pour la période allant de 1992 à 1997 (recueillis en vue d'une comparaison avec les données contenues dans les dossiers de la SAAQ). Une partie du questionnaire a été répondu lors du contact téléphonique pour ensuite être complété lors de la rencontre à domicile.

4.3.3 Tests neuropsychologiques

Les tests spécifiques sont décrits dans la partie *Dependant Variables* du deuxième article et comprennent le *Color Trail Test* (CTT; D'Elia, Satz, Uchiyama, & White, 1996), le *Stroop Colour Word Test* (SCWT, modifié; Bohhnen, Jolles, & Twijnstra, 1992), la *Tour de Londres* (TL; Shallice, 1982) et le *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST; Heaton, 1981).

4.3.4 Questionnaire ACR

Le questionnaire ACR (ACR pour Analyse des Comportements Routiers) a été conçu par Bergeron & Joly (1987). La dernière version (version E) a été élaborée en 1997. Cet instrument se base sur la théorie du comportement planifié de Ajzen (1991) et mesure la perception du risque, l'attitude, la norme subjective, la perception de contrôle et l'intention de choisir un comportement risqué sur la route. La théorie du comportement planifié stipule que les croyances ou les perceptions (par exemple, la perception du risque associée à un comportement) déterminent l'attitude, la norme subjective et la perception de contrôle qui en retour déterminent l'intention.

Le questionnaire comprend 18 comportements plus ou moins risqués qui impliquent un niveau de décision tactique (ex : dépasser un véhicule) ou stratégique (ex : conduire en état d'ébriété). L'étude porte sur la moyenne de chacune des 5 échelles suivantes (Perception du risque, Attitude, Norme subjective, Perception de contrôle et Intention) pour lesquels le sujet doit répondre à l'aide d'une échelle continue :

Perception du risque :

Étant donné mes habiletés de conduite, « comportement » est :

Extrêmement difficile (1)....Extrêmement facile (7)

Attitude :

« Comportement », je trouve cela :

Extrêmement désagréable (1)...Extrêmement agréable (8)

Perception de contrôle (deux types de questions)

Il arrive que « conditions de circulation » je suis forcé de « comportement »

Jamais (1)...Toujours(7)

À cause de mes occupations ou de mes activités, il m'arrive d'être forcé de « comportement »

Jamais (1)...Toujours(7)

Norme subjective

D'après ce que j'observe, les gens de mon âge « comportement »

Jamais (1)...Toujours (7)

Intention

Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, « comportement »

Jamais (1)...Toujours (7)

L'alpha d'homogénéité interne est assez élevé pour chacune des échelles (ex : .93 pour la perception du risque; pour plus de détails, consulter Joly, Gilbert, Paquette, Perraton, & Bergeron, 1997).

Des copies intégrales des lettres de présentation, des formulaires de consentement, du Questionnaire sur les habitudes de conduite, du Questionnaire *ad hoc* et du Questionnaire ACR sont présentées en annexe.

4.4. Collecte des données

Les 180 sujets qui ont accepté de participer à la seconde étape étaient d'abord contactés par téléphone et ensuite rencontrés à domicile si tel était leur désir (étude 2). Une copie des procédures pour l'appel téléphonique est en annexe (incluant un mini-questionnaire dont les questions sont tirées du questionnaire *ad hoc*). Après avoir signé un formulaire de consentement libre et éclairé, les sujets de l'étude 2 effectuaient les tests neuropsychologiques et répondaient aux différents questionnaires. Cette deuxième étude s'est déroulée entre les mois de mai et septembre 1998. Chaque évaluation à domicile durait en moyenne 2,5 heures. Ceux qui le désiraient pouvaient recevoir par la poste le résultat de leurs épreuves accompagné d'une lettre explicative.

4.5. Analyse des données

Pour la seconde partie (étude 1 et 2), il s'agit d'un plan quasi-expérimental car les sujets ne sont évidemment pas répartis au hasard dans l'un ou l'autre des deux groupes constitués sur la base de leur dossier d'accident. Les tests statistiques utilisés sont décrits dans la partie *Design and Statistical Analysis* de chaque article.

5. Résultats

Les résultats sont rapportés de façon détaillée dans la partie *Results* de chacun des deux articles. Cette section vise à faire un résumé des principaux résultats obtenus en relation avec les objectifs et hypothèses fixés au départ.

Première étape

1. Les conducteurs âgés de 65 ans et plus se distinguent de l'ensemble de la population en ce qui a trait à leurs types d'accidents. En effet, leurs collisions arrivent généralement dans des conditions atmosphériques favorables (le jour, sur une surface sèche), impliquent habituellement plusieurs véhicules et surviennent plus fréquemment aux intersections et ce, plus spécifiquement lors d'un virage à gauche.
2. Bien que la valeur prédictive soit relativement peu élevée, les accidents antérieurs nous permettent de prédire plus efficacement le risque d'accident routier pour la population âgée comparativement aux infractions antérieures.

Les tableaux de la répartition des nombres absolus sont présentés en annexe.

Deuxième étape

1. Dans la population des conducteurs âgés, les individus qui ont des accidents à répétition se distinguent significativement des conducteurs qui n'en ont pas, au plan des fonctions exécutives telles qu'évaluées par les tests les plus utilisés en clinique (*Wisconsin Card Sorting Test*, *Tour de Londres*, *Stroop Color Word Test* et *Color Trail Test*). Le groupe avec accidents commet plus d'erreurs aux quatre tests, comparativement au groupe sans accident, et a généralement une performance plus lente.
2. Les conducteurs âgés qui ont une histoire d'accidents d'automobile se distinguent significativement des conducteurs qui n'en ont pas au niveau des habitudes de conduite et des attitudes et comportements routiers. Les sujets du groupe avec accidents rapportent conduire à une vitesse moins élevée, disent davantage avoir diminué leur vitesse depuis les cinq dernières années et indiquent plus l'intention d'avoir des comportements prudents dans le futur tout en évaluant leur groupe de pairs moins sévèrement.

Les tableaux des moyennes et écart-types pour les variables tirées du questionnaire sur l'expérience et les habitudes de conduites et du questionnaire ACR sont présentés en annexe.

CHAPITRE DEUXIÈME
ARTICLES DE RECHERCHE

**Les accidents ou les infractions antérieurs comme variables prédictives du
risque d'accident routier pour les conducteurs âgés.**

Accepté par Accident Analysis and Prevention

sous le titre

*Previous Convictions or Accidents and the Risk of Subsequent Accidents
of Older Drivers*

**Previous Convictions or Accidents and the Risk
of Subsequent Accidents of Older Drivers ,**

Geneviève Daigneault¹, Pierre Joly², Jean-Yves Frigon³

¹ *Réseau de Santé Richelieu-Yamaska de St-Hyacinthe, Quebec, Canada.*

² *Laboratory of Transportation Safety, Center for Research on
Transportation, Université de Montréal, Quebec, Canada.*

³ *Université de Montréal, Département de psychologie, Quebec, Canada.*

Word count: abstract: 167; main text: 2156 ; 20 references; 1 Table; 2 Figures

Address for reprints:

Geneviève Daigneault, M.Ps
Réseau de Santé Richelieu-Yamaska
Département des Soins longues durées
2750 Blvd Laframboise
St-Hyacinthe (Québec)
Canada, J2S 4Y8
Phone:(450) 771-3333 p. 3399
Fax: (450) 771-3624
gedaigneault@hotmail.com

ABSTRACT

The over-involvement of elderly drivers in collisions has a potentially adverse effect on highway safety. The question for most experts in traffic research is whether we can predict the individual risk of accidents and which variables are the best predictors, especially for this population. For a better understanding of the elderly drivers' problems, this study aimed to describe the most common types of accidents in the elderly population of drivers living in Quebec (≥ 65 years of age). The second objective of the study was to analyse the relationship between previous accidents or convictions and the risk of subsequent accidents. The results show that (1) elderly drivers are characterised by error accidents involving more than one car, especially at intersections, (2) prior accidents are a better predictor for accident risk than prior convictions and (3) these trends steadily increase with each age group (drivers 65 years old to 80 years or more). The results are discussed in relation to the literature on risk behaviour of the elderly drivers.

Key words: Crashes, Convictions, Older Drivers, Accident Risk.

INTRODUCTION

In industrialised countries, drivers over 65 years of age represent a rapidly growing part of the driving population. In terms of the absolute number of accidents, elderly drivers do not appear at a higher risk than the general population. However, they have 1.6 to 2.4 times more accidents per driven kilometre than drivers between the ages of 25 and 64 (OECD, 1985). Nevertheless, we have to know that the usual interpretation of accidents per driven kilometre as a measure of risk exaggerates the apparent risk of low-mileage groups, like for the older drivers group (Janke, 1991). Older drivers are more often considered responsible for these crashes (Verhaegen, 1995), and they have more fatal accidents (Hakamies-Blomqvist, 1993), especially because they are more vulnerable (Dulisse, B., 1997; Evans, 1988). Moreover, different studies (Blockey, Havley, 1995; Stamatiadis and Deacon, 1995; Parker, Robert, Stradling and Manstead, 1993; Ryan, A., Legge, M. and Rosman, D., 1998) have shown that elderly drivers are more frequently involved in specific types of accidents (e.g. situations involving more than one vehicle, especially at intersections).

Many researchers have attempted to determine which variables are the best predictors of accidents for the driving population in general, and more specifically, for elderly drivers. It has been found that the number of prior traffic convictions is one of the best single predictors of accident risk (Gebers, 1990). Gebers and Peck (1992) showed an interaction effect of age and prior convictions on subsequent car accidents. The relationship between the number of prior convictions and the risk of a subsequent

accident appeared stronger with the oldest groups of drivers (aged 60-69 and above 70).

The present study is an attempt to replicate the Gebers and Peck's results (1992) using a larger group of elderly drivers. In order to determine if the trend observed by these researchers is confirmed (i.e. a still stronger relationship between prior convictions and subsequent risk of an accident for the oldest of the elderly drivers), it seems important to analyse further the interaction between prior driving record (convictions and accidents) and age, among a large sample (in fact, an entire cohort of elderly drivers) including more drivers over 75. It is known that the elderly population is very heterogeneous, and moreover, that the probability of experiencing a reduction of physical or cognitive capacities (e.g. visual, auditory or visual attention, etc.) increases with age, mostly due to age related diseases. For example, in the active population (excluding hospitalised persons), 31% of people between the ages of 65 and 74 were shown to have an incapacity; this rate increases to 50% for those between the ages of 75 and 84, and to 77% for those over 85 years (Gauthier and Duchesne, 1991).

METHOD

Population

With the collaboration of *La Société de l'Assurance Automobile du Québec* (SAAQ), the driving records of 426,408 elderly drivers (60 years old and older) were analysed for a six-year period (1992-1997). For the period studied, these drivers

represent the entire population of elderly persons living in Quebec holding a valid driver's license. In this cohort of drivers, 63.8% are male. The majority of these drivers maintained a good driving record for the six-year period, with 79% being conviction free and 89% remaining accident free. The maximum number of accidents for one driver in the six-year period amounts to 7 and the maximum number of convictions is 12. Subjects were classified into one of four groups according to their age: a) those aged 65 to 69 (44%), b) those aged 70 to 74 (30.8%), c) those aged 75 to 79 (16.8%) and d) those 80 years old or more (8.4%).

Statistical Analysis

As a first step in analysing the collected data, a simple descriptive analysis was conducted. The results of these analyses gave the frequencies of different accident and conviction types as a function of age and sex.

The second part of the statistical analysis consisted of applying to the present data the same procedures as Gebers and Peck (1992). The six-year period was subdivided into two intervals. The number of convictions and accidents in the first three years (1992-1994) were considered "prior accidents or prior convictions". The number of accidents for the last three years (1995-1997) was defined as "subsequent accidents". A linear regression analysis was carried out for each age group in order to determine the strength of the relationship between prior convictions or prior accidents and subsequent accidents. The covariance method, available on the SPSS MANOVA program (Null and Nie, 1981), was used to evaluate the homogeneity of the regression slope among the different age groups. In the present study, as in Gebers and Peck's

study, these procedures evaluate the statistical significance of the interaction effect between age and previous convictions or collision records on the risk of having subsequent crashes.

RESULTS

Descriptive Analysis of Elderly Drivers' Accidents

The descriptive analysis of these accident records for the selected population confirms that elderly drivers' crashes arrive most of the time in situations involving more than one car (90.2%). Accidents at intersections are quite frequent (29.4%) with a significant part of these happening when turning left (13.8%). Collisions occur more frequently in good conditions (sunshine: 81.9%, dry road surface: 59.1%, good visibility: 92.8%). In the present study, we observed that these crashes often happen on road sections where the speed limit is 50 km/h (74.12%) and in commercial zones (54.32 %). In this cohort of elderly drivers, 27.5 % of men had an accident during the six-year period vs. 16.7 % of women.

The most common reasons leading to a conviction were exceeding the speed limit (1-14km/h: 10.27%; 15-29 km/h: 37.07%; 30-44 km/h: 14.04%), not stopping at a stop sign (13.87 %) or a red light (8.63%), and not wearing a seat belt (12.14%).

If we compare this data with accident records (SAAQ's 1997 statistics: report of June 16, 1998) for the entire population (all ages included), we observe that some accident types characterise elderly drivers. In the general population, the two most

frequent accident types are rear-end impacts (26.4% of all recorded accidents) and right-angle collisions at intersections (22%). These two kinds of crashes are also the most frequent in our elderly drivers' cohort. However, right-angle accidents at intersections are more frequent for these elderly drivers (right-angle collisions: 29.4 %, rear-end impact: 27.5%). Moreover, collisions where one of the vehicles was turning left at an intersection are the third most recurrent accident type (9.6 % of all crashes) for the elderly drivers, which is not the case for drivers in general (7.7 %). In the entire population, the third most recurrent accident type was a single car crash happening in a left curve (11% of all crashes compared to 2.7% for elderly drivers).

.....
Insert Figure 1 about here
.....

Figure 1 displays the frequency of the three collision types that distinguish elderly drivers from the total population (all ages included) and shows an increase in the difference with ageing. Right-angle and left-turn collisions at intersections steadily increase with each age group (drivers 65 years old to 80 years and older). For single car accidents in a left curve, the opposite trend is observed.

Analyses of Regression Slope Differences

Table 1a shows the regression analysis of accidents (last 3 years) with prior convictions as predictor. Table 1b displays the results concerning prior accidents as predictor. The absolute number of accidents increases as drivers get older, most

notably after 74 years of age. However, the number of convictions tends to decrease with ageing. The correlation for each age group ranges between 0.10 to 0.08 for prior-convictions and 0.09 to 0.11 for prior accidents and all are significant at .01 because of the large number of subjects in this cohort. The proportion of variance in the number of accidents (r^2) explained by prior convictions decreases with each age group (65 years to 80 years or more). On the other hand, the percentage of variance (r^2) explained by prior accidents increases with age.

Insert Table 1 about here

Figure 2 presents the regression coefficient (B) for each age group. All coefficients are significant. The coefficients for prior accidents increase with age ($F=8.69$, $p<.0001$), particularly between 74 and 80 years old. We observe that the standard error of B (SEB) increases with age, which means more dispersion around the regression line for the oldest drivers. The analysis of the interaction between age and prior convictions shows similar results ($F=22.53$, $p<.0001$); the coefficient B and SEB increase with age, particularly for the two older age groups. In addition, for each age group, coefficient B is larger for prior accidents compared to prior convictions.

Insert Figure 2 about here

DISCUSSION

The descriptive analysis of violation and accident records for a large cohort of elderly drivers confirms what other studies have shown (Hakarnies-Blomqvist, 1990, 1993; Verhaegen, 1995): elderly drivers are characterised by accidents involving more than one car, especially at intersections. Moreover, our study shows that right-angle and left-turn collisions at intersections steadily increase after age 65 while single car accidents in a left curve decrease. Older drivers' accidents are generally not related to climatic conditions or to risk taking (for example: driving at a high speed). Most of the time, these accidents happen in situations requiring the perception of several details and complicated information processing (more than one car, in the city, etc.). Blockey and Havley (1995) and Parker, Reason, Manstead and Stradling (1995) claim that we can distinguish two kinds of accidents: violation and error accidents. A violation accident may be defined as the deliberate infringement of some regulated or socially accepted code of behaviour. The typical violation crash involves one vehicle, in a high speed limit zone and is more frequent among younger drivers (Blockey and Havley, 1995, Reason *et al.*, 1990). An error accident, on the other hand, may be defined as the failure of planned actions to achieve a desired outcome without the intervention of some chance or unforeseeable event. The results of this study confirm that older drivers have more error accidents (with more than one vehicle, in left-turn situations, etc.), and that this tendency increases with age. According to some researchers (Blockey and Havley, 1995; Reason *et al.*, 1990), error and violation crashes differ both in their psychological mechanisms and in the kinds of remedial actions necessary to combat them. Errors arise as the result of cognitive problems; violations have a large motivational

component. The types of accidents observed in our elderly cohort may be understood in relation to the cognitive functions of the individual. Recent research (Lunderg, C., Hakamies-Blomqvist, L., Almkvist, O. and Johansson, K., 1998) supports this idea that cognitive decrement is an important causal factor in crashes of older drivers.

In the regression analysis of accidents, a statistically significant interaction was detected between age and prior convictions ($F=22.53$, $p < .0001$). The slopes were different for each age group and these results support the hypothesis of a stronger relationship between prior convictions and accident risk as drivers get older in our selected group (65 years and older). Gebers and Peck (1992) presented similar results for a sample of drivers aged 19 and over. Our results, with a cohort of only older drivers (> 65 yrs), also show a significant interaction between age and prior accidents. Moreover, in the present study, the coefficient B is larger for prior accidents compared to prior convictions for all older groups (65-69, 70-74, 75-79 and 80 or more). In terms of explained variance (r^2), prior convictions are associated with a reduction of actual crash variance for the oldest drivers. In addition, prior accidents are associated with an increased part of the actual accidents seen with increased age. The implication of these results would be that in the population of drivers over 65 years old, prior accidents are a better predictor for accident risk than prior convictions. This is different than what Gebers and Peck (1992) found with the entire age range of California drivers. In addressing the results of the regression analysis on prior convictions, the apparent conflict between B (increasing with age) and r^2 (decreasing with age), could be explained by the fact that B is artificially enlarged because it is a function of the ratio of the variance on the number of accidents on the variance on the number of convictions

($B = r (s_y / s_x)$). As the number of accidents increases with age and the number of convictions decreases, one can expect a similar trend for the variance of these factors and an increase of B.

The reduction of convictions with age could be explained by driving habits that characterises this population. For example, elderly drivers don't drive at night or in difficult climatic conditions, they have fewer accidents with alcohol (Hakamies-Blomqvist, 1994) and they adopt a lower driving speed than younger drivers (Schlag, 1993; Szlyk *et al.*, 1995). Furthermore, with ageing, the drivers tend to decrease their mileage per year. For these two reasons, the risk of being convicted diminishes with age. These changing driving habits do not explain why the number of crashes per km increases with ageing. Part of the explanation may be that people driving low-mileage drivers tend to accumulate of their mileage on congested city streets with two-way traffic and no restriction of access, while high-mileage drivers typically accumulate most the miles on freeways or other divided multilane highways with limited access (Janke, 1991). The accident rate per mile is much lower on freeways, so there is a relationship between accidents and mileage. On the other hand, the driving problems of this population, if we consider the kinds of accidents, have a possible cognitive origin. The decline of cognitive abilities like attention or executive functions may explain a part of the growing individual risk of accidents. Other studies are needed for a better understanding of the cognitive abilities that are the major predictors of accidents among the elderly driver's population.

Acknowledgements

The authors are grateful to the *la Société de l'Assurance Automobile du Québec* (SAAQ) and to the *le Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche* (FCAR, Quebec) for sponsorship of this project. The authors further thank Diana Raiwet for help in preparing the manuscript.

REFERENCES

- Blockey, P.N. and Havley, L.R. (1995). Aberrant driving behaviour: errors and violations. *Ergonomics*, 38(9), 1759-1771.
- Dulisse, B. (1997). Older drivers and risk to other road users. *Accident Analysis and Prevention*, 29(5), 573-582.
- Evans, L. (1988). Older drivers involvement in fatal and severe traffic accidents. *Journal of Gerontology*, 43, 186-193.
- Gauthier M. and Duchesne E., (1991). Le vieillissement démographique et les personnes âgées au Québec, statistiques démographiques. Les publications du Québec 297 pages.
- Gebers, M.A. (1990). *Traffic conviction- and accident- record facts* (report No. 127). Sacramento, CA: California Department of Motor Vehicles.
- Gebers, M.A., Peck, R.C. (1992). The identification of high-risk older drivers through age-mediated point systems. *Journal of Safety Research*, 23, 81-93.
- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1990). Fatal collisions of older drivers. *General Psychology Monographs B 10*: University of Helsinki, General Psychology.

- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1994). Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 26(1), 107-112.
- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1993). Fatal accidents of older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 25(1), 19-27.
- Janke, M.K. (1991). Accidents, mileage, and the exaggeration of risk. *Accident Analysis and Prevention*, 23 (2), 183-188.
- Lundberg, C., Hakamies-Blomqvist, L.E., Almkvist, O. and Johansson, K. (1998). *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 371-377.
- Null, C.H. and Nie, N.H. (1981). *SPSS update 79*, New York: McGraw-Hill, 13-15.
- OECD. La sécurité des personnes âgées dans la circulation routière. Rpport préparé pour l'OCDE et l'OMS. Paris; 1985.
- Parker, D., Reason, J., Manstead, A.S.R. and Stradling, S.G. (1995). Driving errors, driving violation and accident involvement. *Ergonomics*, 38 (5), 1036-1048.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J. and Cambell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*, 33, 1315-1332.

- Ryan, G.A., Legge, M. and Rosman (1998). Age related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 379-387.
- Schlag, B. (1993) Elderly drivers in Germany, fitness and driving behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 25 (1), 47-55.
- Stamatiadis, N. and Deacon, J.H., (1995) Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (4), 443-459.
- Szlyk, J.P., Seiple, W. and Viana, M. (1995). Relative effects of age and compromised vision on driving performance, *Human Factors*, vol. 37 (2), 430-436.
- Verhaegen, P. (1995). Liability of older drivers in collisions. *Ergonomics*, 38 (3), 499-507.

Table 1. Regression Analysis of Subjects Mean Accidents (last 3 years)**1a. Regression analyse for prior convictions**

Age	dependent =	factor =	r	r ₂	B	SEB*
	Mean accident last 3 years	Mean conviction prior 3 years				
65-69	0.121	0.323	0.10252	0.01051	0.062868	0.001408
70-74	0.126	0.237	0.09715	0.00944	0.070745	0.002001
75-79	0.154	0.190	0.09720	0.00945	0.087276	0.003338
80 and more	0.180	0.154	0.08129	0.00661	0.088027	0.005707

* Main effect of covariance F=2383.16, main effect of age F= 226.55,

age by covariate interaction (equality of slopes) F= 22.53 (< 0.0001)

1b. Regression analyse for prior accidents

Age	dependent =	factor =	r	r ₂	B	SEB*
	Mean accident last 3 years	Mean accident prior 3 years				
65-69	0.121	0.123	0.0931	0.00868	0.092376	0.002278
70-74	0.126	0.133	0.09745	0.00950	0.094906	0.002675
75-79	0.154	0.146	0.10106	0.01021	0.103737	0.003815
80 and more	0.180	0.166	0.11240	0.01263	0.117243	0.013698

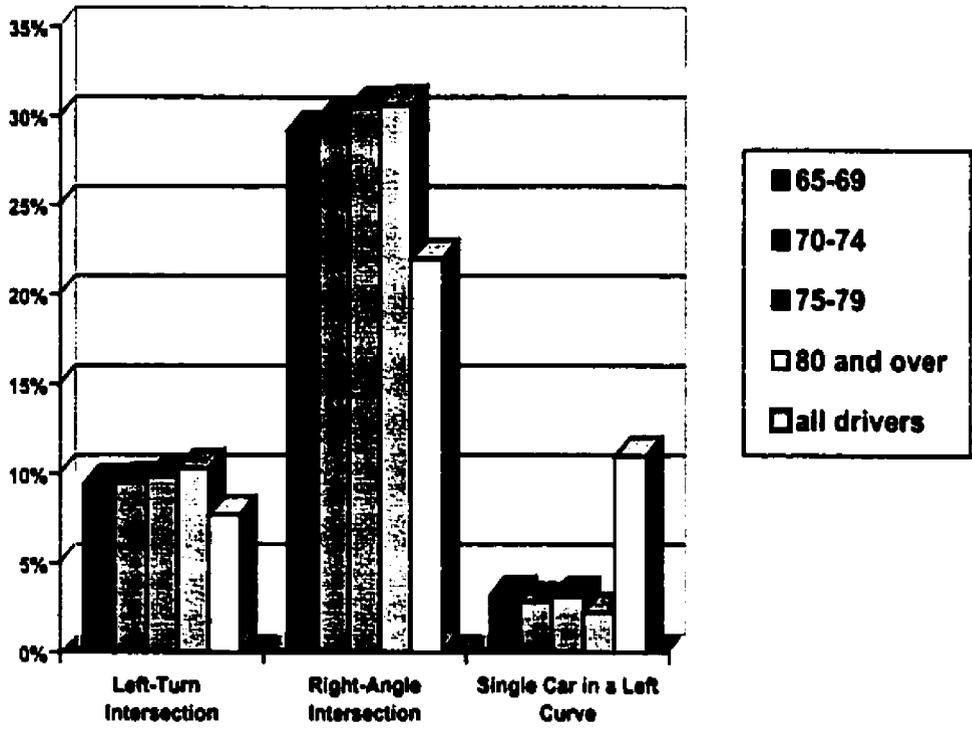
* Main effect of covariance F=3464.06, main effect of age F= 151.47,

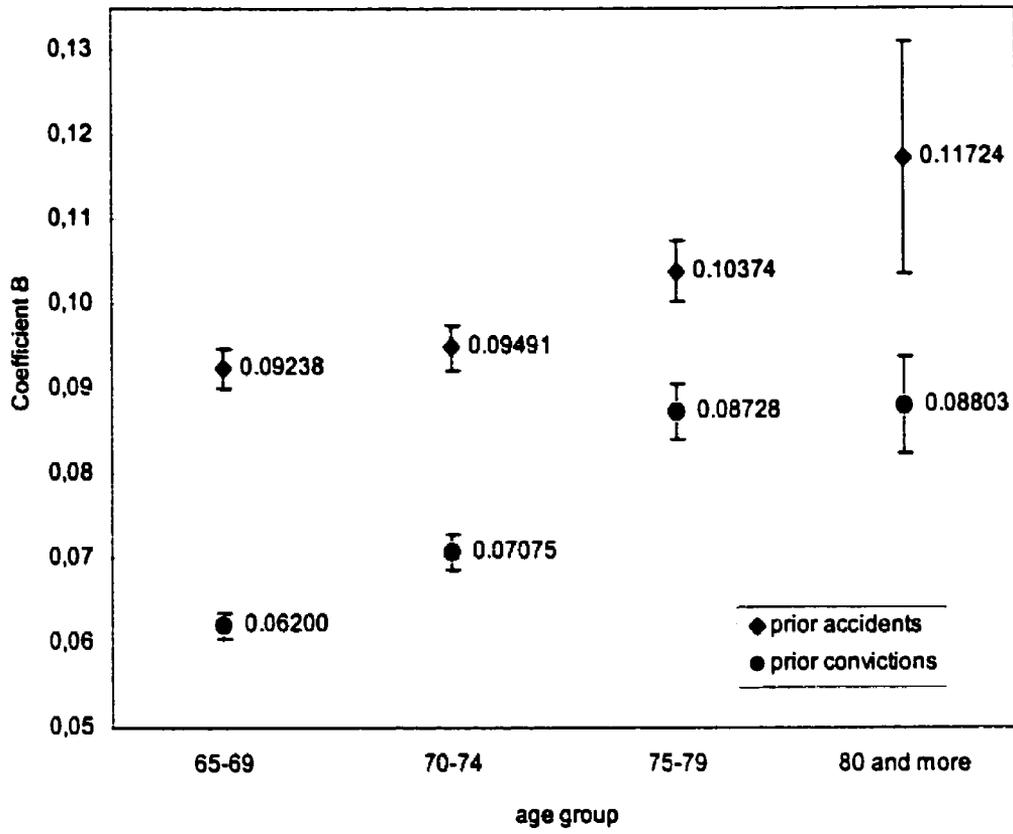
age by covariate interaction (equality of slopes) F= 8.69 (< 0.0001)

Figure Caption

Figure 1: Characteristics of Accidents by Age Groups

Figure 2: Regression Coefficient (B) by Age Group for Subsequent Accidents by Prior Accidents or Prior Convictions as Predictor





**Les fonctions exécutives dans l'évaluation
du risque d'accident routier des conducteurs âgés**

soumis à *Clinical and Experimental Neuropsychology*

sous le titre

Executive Functions in the Evaluation of Accident Risk of Older Drivers

**Executive Functions
in the Evaluation of Accident Risk of Older Drivers,**

Geneviève Daigneault¹, Pierre Joly², Jean-Yves Frigon³

¹ *Réseau de Santé Richelieu-Yamaska de St-Hyacinthe, Quebec, Canada.*

² *Laboratory of Transportation Safety, Center for Research on
Transportation, Université de Montréal, Quebec, Canada.*

³ *Université de Montréal, Département de psychologie, Quebec, Canada.*

Submitted to Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology

Word count: abstract: 209; main text: 8 556 ; 70 references; 4 Tables; 4 Figures.

Address for reprints:

Geneviève Daigneault, M.Ps
Réseau de Santé Richelieu-Yamaska
Département des Soins longues durées
2750 Blvd Laframboise
St-Hyacinthe (Québec)
Canada, J2S 4Y8
Phone: (450) 771-3333 p. 3399
Fax: (450) 771-3624
gedaigneault@hotmail.com

¹ This research has been supported by the Quebec Public Insurance Society, la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ).

ABSTRACT

The main objective of the two studies was to analyse the difference in driving attitude and aptitude, between groups of elderly male drivers (65 years or more), one being accident-free and the second having three accidents or more. The first study compared the driving habits of 90 older accidents-free drivers with 90 drivers having a history of accidents. The second study on a subgroup of 60 of the original 180 subjects (30 accident-free and 30 having accidents), compared cognitive function, with particular emphasis on executive functions as measured by neuropsychological tests, and attitude and driving behaviour. The results show that elderly drivers, compared to the control group, have 1) poorer performance effectiveness on the four cognitive measurements of executive functions (effect size varied from .133 to .240); 2) report to have more prudent behaviour on the road (ex: reducing their speed); and 3) have the intention to adopt less risky driving behaviour. This study suggests that a subgroup of the older driver population has cognitive problems and driving disabilities that cannot be compensated by the apparently more careful behaviour on the road. The results confirm the importance of a good cognitive profile as well as introduce measurements of executive functions for the evaluation of driving abilities of elderly persons.

Key words: Accident Risk, Driving Habits, Elderly Drivers, Executive Functions, and Cognitive Problems.

INTRODUCTION

The over representation on a per-mile basis of elderly drivers (65 years of age and over) in automobile crashes is well established. Older drivers have a higher accident rate than any other age group except teenagers, and incur more fatalities per mile driven than any other adult age group (Evans, 1988; McCoy, Johnstone and Duthie, 1989; National Highway Traffic Safety Administration, 1989). In modern society, driving is important for participation in many daily activities and may be regarded as an essential component for maintenance of independence. This is of particular significance for those living in rural areas, where public transportation is limited. For the elderly, losing their driver licence will often be the first compromise of their autonomy.

The main goal of most research efforts and clinical interventions regarding older drivers is twofold (Owsley, 1997): (1) to help older drivers stay on the road as long as it is safely possible to do so, which includes developing ways to identify at-risk drivers and rehabilitate them whenever possible; (2) to make available alternative transportation options to older adults who stop driving. Consequently, when we have to evaluate an elderly driver's driving capability, it is very important to be sure we don't make a mistake and deprive this person of his autonomy. One important characteristic of the elderly driving population is its heterogeneity: for every at-risk driver, there are many more who have a good traffic records. The challenge in regulating access of elderly drivers to the public highways is to distinguish the variables directly affecting driving competence.

Two criteria used for understanding driving problems are attitude and aptitude of the driver (Elander, West and French, 1993).

With respect to attitude, researchers have tried to relate the elderly drivers' accident risk with the driving style and behaviour on the road. Recently, a regression analysis study on a cohort of 426,408 elderly drivers (Daigneault, Joly and Frigon, in press) showed that, with increasing age, previous accidents are a better predictor for accident risk than prior convictions. These results were in contrast with Gebers' results (1990) who observed that for younger drivers, prior convictions was a better predictor of the subsequent number of accidents. Thus, the best predictor for accidents of younger and older drivers may be different (previous convictions for younger and previous accidents for older drivers).

The study of the nature and circumstances of traffic accidents may provide insight to potentially problematic aspects of driving. A number of studies in different countries have compared the characteristics of traffic crashes of older and younger drivers (Blockey and Havley, 1995; Parker, Robert, Manstead and Stradling, 1995; McGwin and Brown, 1999; Stamatiadis and Deacon, 1995). These studies consistently found that older drivers have mileage-based crash rates that are as high as younger drivers. Moreover, crashes among older drivers are more likely to occur in good weather, during daylight hours, at intersections and when turning left. In contrast, the younger drivers are more involved in single collisions at with higher speeds. According to Blockey and Havley (1995), there are two types of accidents: accident by error (failure of planned actions to achieve a desired outcome) and accident by violation (deliberate

infringement of some regulated or socially accepted code of behaviour). The first type of accidents involves cognitive disabilities and the second type of accidents involves motivational component. In this view, older drivers have more error accidents while younger drivers have more violation accidents. This is consistent with the analysis of prior accidents and prior convictions for predicting accident risk. Younger drivers have more violation accidents and have more convictions because they take more risks; this may be why the prior convictions variable was shown to be a good predictor for this population (Gebers, 1990).

Other studies (Bergeron and Joly, 1987; Evans and Wasielewski, 1983; Joly, 1990; Ratté and Bergeron, 1997) have observed significant differences in attitude and risky behaviour between younger drivers who have accidents and younger drivers who have no accidents. For example, in Bergeron and Joly's study (1987), the bad drivers described their behaviours on the road as less careful and express the intention to drive less carefully. Consequently, motivational components seem very important with the younger driving population, which is not necessarily the same for older drivers.

Concerning the relation between aptitude measurements and accident risk, the past few decades have provided insights into some of the deficiencies in the abilities of older people that affect their driving performance. A large number of studies have failed to show any direct relationship between vision and driving performance (Brown, Greaney, Mitchel and Lee, 1993; Decina and Staplin, 1993, Transportation Research Board, 1988; Wood and Troutbeck, 1992). If visual criteria are to be used to determine driving eligibility, there should be strong evidence that those who fail to meet the given

vision standards have poorer driving performance, leading to a higher risk of accidents. One explanation is the fact that elderly people who have some peripheral deficits (as in a visual disease), can change their driving habits and compensate for their deficit (Hakamies-Blomqvist, 1994, Joly and Brouwer, 1998; Maag, Joly, Gagnon, Desjardins, Messier et Laberge-Nadeau; Tétreault, 1998).

Some results, however, contradict the idea that the more careful driving behaviour exercised by older drivers, often seen as compensatory behaviour, is directly associated with their own perception of their reduced capacities. For example, in a recent study on driving habits (Tétreault, 1998), carefulness in driving was found to depend on the interaction between age and cognitive problems as perceived by the subjects. Among younger subjects (from 25 to 55 years of age), drivers who perceived themselves as having more cognitive problems report choosing less risky behaviours. Among older drivers (more than 65 years of age) the results are the opposite: there is a tendency for perception of cognitive problems to be related to less careful driving behaviours.

Regarding cognitive abilities, a study by Ball, Owsley, Sloane, Roenker and Bruni (1993) reported that visual attention and mental status are the two best predictors of accident frequency in a model incorporating measurement of eye health, visual function, visual attention, and cognitive functions. These two predictors explained 20% of the variance, a much stronger relation than seen in an earlier study (Owsley, Ball, Sloane, Roenker and Bruni, 1991). It appears that the older drivers with a visual attention disorder or with poor scores on mental status tests had 3-4 times more accidents (of any

type) and 15 times more intersection accidents than those without these problems. In their LISREL model (1993, 1991), eye health and visual function have an indirect effect on crash frequency (for more details see Ball *et al.*, 1993). However, these variables have a direct effect on visual attention, which has a direct effect on accident risk. The visual attention variable was evaluated with the UFOV (Useful Field Of View) and provides a measure of the spatial area within which a person can be alerted to visual stimuli in a variety of situations (Sanders, 1970; Verriest, Barca and Dubois-Poulsen, 1983). Mental status is evaluated with Mattis Organic Mental Status Syndrome Examination (MOMSSE, 1976; see Owsley *et al.*, 1991), including 14 categories of cognitive functions: information, abstraction, digit span, orientation, verbal memory, visual memory, speech, naming, comprehension, sentence repetition, writing, reading, drawing and block design. The shortcoming of this type of battery of tests is the fact that all cognitive function results are summed into one score (0=normal to 28=severe dementia), thus reducing the sensitivity, and moreover, not discriminating between the specific functions required for driving. Furthermore, many tasks evaluate verbal abilities which do not decrease with ageing and which are less relevant for driving.

In the cognitive domain, when trying to understand automobile driving, it is primordial to realise that this task involves many processes. Specifically, driving is a complex task that implicates visual, motor and attention abilities. Apparently, for older drivers, visual attention ability is an important variable having a direct association with accident risk. Moreover, driving involves higher mental abilities that supervise all movements and decisions taken by the drivers, these abilities labelled as *executive functions*. The term *executive functions* has only recently been added to

neuropsychological terminology and refers to a variety of loosely related higher-order cognitive processes like initiation, planning, hypothesis generation, cognitive flexibility, decision making, regulation, judgement, feedback utilisation, and self-perception that are necessary for effective and contextually appropriate behaviour. Norman and Shallice (1986), Shallice (1988) and more recently Stuss, Shallice, Alexander and Picton (1995) introduced a model for information treatment that includes a unitary system named the Supervisory Attentional System (SAS) placed at the top level of their model, and found in the prefrontal cortex. The SAS modulates but does not dictate cognitive functioning. These authors suggest that we have two types of attention processes: controlled and automatic. Most activities are realised with schemas, i.e. an organised activation of sub-systems implicated in the accomplishment of action. For example, in driving, the automatic process is the result of learning some behaviour (like shifting gears, putting feet on pedals, etc.) However, in specific situations which involve problem resolution, learning new abilities or when the action is laborious or dangerous, the SAS controls the activities, biases the state of activation and selects specific schemas for the particular goal. If the SAS is impaired, the person becomes less flexible (answers by automatic responses) and has a very poor performance in tasks involving executive functions (Shallice, 1982). It is important to note that we can find impairment of executive functions without major change in general intellectual status (Kolb and Whishaw, 1995). With driving, certain complex situations require the ability to adapt behaviour to the environment and make a less automatic manoeuvre (ex: left turn). These superior functions are hypothetically essential for the compensatory aspect of driving. For making good compensatory decisions, according to driver behaviour theories like Risk Homeostasis Theory (Wilde, 1982), the drivers have to adjust their

behaviour by taking into account the risk of the immediate situation, the subjective evaluation of their own capacities and the level of risk they are willing to tolerate. If the executive functions of the drivers are impaired, this kind of behavioural adjustment may be distorted. For example, if feedback utilisation is impaired, the driver may be unable to take into account the errors resulting from his driving habits or immediate behaviours (accidents or near-accidents) and maintain behaviours involving a level of risk higher than the desired level.

Surprisingly few studies have examined the role of neuropsychological functioning as an early indicator of potentially unsafe driving. Moreover, the majority of the studies either restricted their focus to measurements of memory, language, and visual-perception, and did not consider the role of executive functions, or did not evaluate the specific types of dysfunction that may affect driving ability (Whelihan and DiCarlo, 1999). For example, attention tasks like the UFOV involve certain aspects of the SAS but not the planning, anticipating and feedback utilisation processes. Some research on older drivers (Hunt, Morris, Wdwards and Wilson, 1993; Parasuraman, 1991) used tasks involving the SAS, e.g. Trail Making Test or Stroop Color Word Test, and indicated a significant relationship between performance of these tasks and accident risk. More recently, an ergonomic study on older drivers indicated that performance effectiveness on domestic tasks which involve executive functions (e.g. cooking) is significantly related to the driving competence measured on a road test (Beaulieu, 1999). Thus, these superior functions appear to have an important role in determining driving ability. As well, we know that these pre-frontal functions tend to decrease with ageing (Brennan, Welsh and Fisher, 199; Daigneault and Brown, 1994;

Daigneault, Brown and Whitaker, 1992; Graf, Uttl and Tuokko, 1995;; Raz, Gunning-Dixon, Head, Dupuis, Acker, 1998; Mejia, Pineda, Alvarez and Ardila, 1998; Parkin and Java, 1999).

It is therefore important to know how the deterioration of executive functions affects the accident risk and attitudes of older drivers. It will also be useful to know which instruments or measurements are the better predictors of accident risk for this population.

AIMS

This article presents two studies. The aim of the first study was to analyse two groups of elderly drivers (65 years of age or more) based on their accident records (*having accidents or accident-free*), in terms of their experience and driving habits. The aim of the second study was to examine the relationship between accident records and performance on executive functions and on self-reported measurements of risky behaviours.

For these two studies, accident records were obtained from *la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ)*. The SAAQ's files include every accident except those with only minor vehicle damage. Only male drivers were considered because elderly women in this cohort have less driving experience than men, and consequently other variables may explain women's problems in driving situations (Dobson, Brown, Ball, Powers and McFadden, 1999; Hu, Trumble, Folley, Eberhard and

Wallace, 1998; Stamatiadis, 1996). Thus, the conclusions of these two studies will apply only to older male drivers.

A. Study 1

METHOD

Subjects and Procedures

In collaboration with La Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ) we made a preliminary analysis to selecting two groups of elderly male drivers (65 years and over in 1997). The first group had no accident (the accident-free group) and the second group had three or more accidents within the last five years (1992-1997). The criteria of three accidents was determined after a preliminary analysis of the total number of accidents for the total population of drivers in Quebec. Satisfying this criteria were 670 older male drivers living in the Montreal area, including the North and South Shore. We found that the number of older drivers with three accidents or more (in this five year period) was numerous enough to represent a non-negligible part of the population, and also large enough to expect the voluntary participation of a sufficient number of subjects. With the support of the SAAQ, we solicited the participation of these 670 drivers by sending them a letter describing the research objectives and including a small questionnaire on their driving habits. In order to constitute the control group, we sent the same letter and questionnaire to 1,198 accident-free elderly drivers living in the same municipalities. Of these 1,868 solicited drivers, 639 drivers (34.2%)

responded by mail, including 204 having accidents (30.4% of 670) and 435 (36.3% of 1198) having no accident.

To be included in the analysis, the subjects had to possess a valid driver's license and drive more than 5,000 km per year (controlled by the questionnaire). The reason for this criteria was to insure that the absence of accidents in our control group was not only related to the avoidance of driving in general, but also to other aspects of driving habits. To evaluate driving habits, we selected 180 subjects (90 accident-free and 90 with a history of accidents) matched for age. Both groups have the same driving experience: age of obtaining their first licence ($t_{(168)} = .90, p > .10$) and age of obtaining their first car ($t_{(172)} = .93, p > .10$). For the whole sample, subjects obtained their first licence at 21.8 years of age and they bought their first car at 26 years of age. To see if differences between drivers having accidents and accident-free drivers vary with ageing, the subjects were also subdivided by age; 120 respondents are in the younger group (65 to 74 years of age) and 60 respondents are in the older group (75 years of age and older). The mean age for the first group is 69.4 and for the second group, it is 80.1.

The Self-reported Measures of Driving Habits

Drivers in this study responded to the French version of a questionnaire on driving habits developed by Joly and Brouwer (1998) and which was recently used in a research study on older drivers (Tétreault, 1998). Information was collected on a) frequency of driving (in general or at night), b) avoidance of difficult driving situations (in

general, at the cognitive level, at the perceptual level) c) speed in different traffic settings (in a city zone, in a rural zone, on a highway).

Six questions on the frequency of driving were answered on a scale from (1) every day to (4) less than once per month in different situations (in general, at night, in a city zone, on rural roads, on urban or provincial highways). Fifteen questions on the the frequency of avoidance of difficult situations were answered on a scale from (1) always to (5) never and were used for the first analysis. Of these, seven questions represent situations involving complex cognitive processes (ex: left turns at intersections). Three other questions involving difficulties at the perceptual level are analysed separately (ex: driving at sunset). See Joly and Brouwer (1998) for more details. Tétreault's study (1998) shows that alpha coefficients for the four scales retained in the present study (frequency of driving in general, avoidance of difficult driving situations in general, at the cognitive level and at the perceptual level) varies between .70 to .90.

Statistical Analysis

For each question or scale measuring driving habits, the effect of the accident group, the age group and the interaction effect were analysed with an ANOVA (2X2).

When looking at the questionnaire, we observed that many subjects had made omission errors (e.g. had given no answer to the question) or commission errors (for example, had given two answers for the same question or had given an answer about a preceding or following question). We decided to perform an ANOVA (2 X 2) to

determine if a difference existed between the two accident groups and the two age groups in the number of errors (omissions and commissions) which would reflect cognitive problems. For all statistical analysis, we used SPSS.

RESULTS

Insert Table 1 about here

Table 1 presents ANOVA results for driving habits as a function of accident and age groups. The two accident groups do not differ significantly on the dependant variables measuring frequency of driving (in general or at night), neither for the variables measuring avoidance of difficult driving situations (in general, on the cognitive level or the perceptual level). However, a significant difference between the two accident groups is observed concerning their mean speed on two of the three different traffic settings: the subjects having accidents report driving more slowly in a city zone (44,51 km/h vs 48,37 km/h; $p < .05$) and on a highway (98,43 km/h vs 103,14 km/h; $p < .05$). For what concerns speed in a rural zone, there is a significant interaction between age and accidents group. In this setting, subjects with accidents report a relatively low speed whatever their age (71.3 km/h for both age groups) while the accident-free subjects report a reduction of their speed with age (79.92 km/h for the younger group compared to 70.40 km for the oldest group). No other significant interaction was detected between accidents and age group. For the age group results, we observe a significant effect of

age on all driving habits. The oldest drivers (more than 75 years of age) report driving less often in general ($p < .01$) or at night ($p < .01$) and avoiding more driving situations that are difficult to manage in general ($p < .05$), at the cognitive level ($p < .05$) or at the perceptual level ($p < .01$). The oldest group of drivers is also characterised by lower speeds in a city zone (43,28 km/h, compared to 47,97 km/h for the youngest; $p < .01$), in a rural zone (70,93 km/h vs 75,99 km/h; $p < .05$) and on a highway (97,88 km/h vs 102,14 km/h; $p < .01$).

Insert Table 2 about here

The ANOVA results on the number of omissions and commissions errors are presented in Table 2. We observed that the group having accidents made significantly more errors (F ratio= 6.17, $p < .05$) in their responses to the questionnaire. There is no significant age or interaction effect for this variable.

DISCUSSION

The present results confirm what we knew from other studies (Hakamies-Blomqvist, 1994; Joly and Brouwer, 1998; Maag, Joly, Gagnon, Desjardins, Messier et Laberge-Nadeau; Tétreault, 1998) that with ageing, drivers decrease their risk exposure in terms of driving frequency and types of driving situations, and adopt more careful behaviours on the road, especially reducing their speed. However, our results show that these changes in driving habits are not necessarily related to a lower accident risk. As demonstrated in our sample, even though elderly male drivers report driving more slowly

on different road types they were still having three accidents or more in the 1992-1997 study period. The relationship between the accident risk of elderly drivers and the reduction of risk exposure and risky behaviours appear to be more complex than expected, if not contradictory.

The fact that the group having accidents made more errors when answering the questionnaire may indicate some deficiencies in cognitive processes. It is possible that the reduction of speed reported by these subjects reflects a non-effective attempt to compensate for such deficiencies. This leads us to the second study, which was carried out to test the hypothesis that elderly drivers having many accidents suffer from cognitive deficiencies.

B. Study 2

METHOD

Subjects and Procedures

Among the 180 subjects from the first study, those who gave authorisation for the participation in a second study were contacted by phone. We chose 60 male subjects (30 *accident-free* and 30 *with a history of accidents*) matched for age, km driven per year and residential location (municipality). As in the first study, to see if differences between drivers having accidents and accident-free drivers vary with ageing,

the participants were subdivided by age; 46 respondents are in the younger age group (65 to 74 years of age) and 14 are in the older age group (75 years of age or more). The mean age of the whole sample is 70.2 years.

The two accidents groups were compared on four cognitive tests evaluating executive functions: Color Trail Test (D'Elia, Satz, Uchiyama, White, 1996), Stroop Color Word Test (modified and more sensible: Bohnen, Jolles and Twijnstra's method, 1992), the Tower of London (Shallice, 1982) and the Wisconsin Sorting Card Test (Heaton, 1981). The clinical administration procedures were applied for all of these tests. The groups were compared on attitude and reported behaviours on the road with the ACR questionnaire (ACR for Analyse des Comportements Routiers; Bergeron and Joly, 1987). Some general information about these drivers were collected with an *ad hoc* questionnaire (adapted from Joly and Brouwer, 1998). These different tests or questionnaires were completed during one session at the subject's residence. The time of the session varied between 2 to 4 hours.

Dependant Variables

Variables measured with the ad hoc questionnaire (adapted from Joly and Brouwer, 1998):

With this questionnaire, we examined a) the annual family income in 1997, b) marital status (married or living with a partner vs single), c) education level, d) health or visual problems known by the subject, e) annual km driven at different ages (20, 30, 40, 50, 60 and 70 years of age), f) changes in the usual driving speed during the last 1, 5

and 10 years (no change, increase or decrease), and g) reported accidents and convictions from 1992 to 1997 for comparison with SAAQ data.

Executive Functions as measured by Neuropsychological Tests

Four neuropsychological tests previously validated as sensitive to prefrontal lesions were selected (Lesak, LeGall and Aubin, 1994)².

Color Trail Test (CTT; D'Elia, Satz, Uchiyama, White, 1996): This test is a paper and pencil task frequently used to measure mental flexibility. The usual version of the Trail Making Test (TMT; Reitan and Wolfson, 1993) makes use of letters and numbers. The colour version involves the ability to alter between two colours. It was developed in order to avoid evaluation bias for people suffering from reading disorders or aphasia. CTT stimuli consist of circles (approximately 1 centimetre in diameter) with numbers printed inside. Each circle has either a vivid pink or yellow background (these colours are perceptible to colour-blind individuals). Color Trail 1 is similar to TMT Part A, with the exception that all odd-numbered circles have a pink background, and all even-numbered circles have a yellow background. This part is primarily a test of sustained visual attention involving perceptual tracking and simple sequencing. For Color Trail 2,

² These prefrontal measurements are also relatively sensitive to other cognitive defects.

each number is presented twice, once with a pink background and once with a yellow background. The subject has to maintain a numerical sequence while constantly alternating from pink to yellow. This condition would require more effortful executive processing. Three dependent variables are retained: The speed on Trail I, the difference of speeds between Trail I and Trail II, and the number of errors on Trail II (colour errors and number errors were summed in the same score).

Stroop Color Word Test (SCWT; modified). This is a test involving inhibitory processes and mental flexibility. The method used here is the same method used by Bohnen, Jolles and Twijnstra (1992). This task includes four experimental conditions, each with 50 stimuli, and utilises four colours (RED, YELLOW, BLUE and GREEN). The two first conditions (*"read the colour words which are names of colours"* and *"say the colour of the square"*) involve automatic responses. For the third condition, the subject has to name the colour of the names of a colour printed disregarding the printed word (inhibit automatic reading processes). Bohnen *et al.* add a fourth condition, where instructions are the same as in the third condition, except that 20 stimuli printed in a square and placed randomly. For these 20 stimuli, the subject has to read the word (which is the name of a colour) and ignore the colour of the print. This last condition gives a more sensitive measure of flexibility. The three dependant variables retained are the sum of the completion time for the first two conditions (involving automatic responses), the sum of the completion time and the number of errors for the last two conditions (involving controlled responses).

Tower of London (TL). We utilised the Shallice's method (1982) which is thought to measure planning abilities and anticipation. This test requires the subject to rearrange coloured balls on three pegs of varying heights in an order matching a presented goal configuration. The subject must also use a simple set of rules governing acceptable moves. Four dependant variables were employed: planning time (time between the beginning of the task and the first movement), execution time (total time minus planning time), number of movements and number of instruction failures (the number of times the subject does not respect test instructions).

Wisconsin Card Sorting Test (WCST): The WCST is thought to measure strategic planning, organised searching, the ability to use environmental feedback to shift cognitive sets, goal-oriented behaviour, and the ability to modulate impulsive responding. We applied the method described in the test's manual (Heaton, 1981) using 128 cards. The examiner instructs the subject to place each response card in piles below one of the four stimulus (key) cards, wherever he thinks it should go. The examiner said only "yes" or "no" and the subject's response was written on a protocol sheet. The subject is required to sort first to colour, all other responses being called wrong; then, once 10 consecutive correct responses to colour have been achieved, the required sorting principle shifts, without warning, to form; colour response are now wrong. After 10 consecutive correct responses to form, the principle shifts to number, and then back to colour once more. This procedure continues until the subject has successfully completed six sorting categories (colour, form, number, colour, form, and number). We retained three dependant variables: the number of categories completed, the number of perseverative responses and the number of attention errors. A

perseverative response is a response that is incorrect according to the current rule but would have been correct using the rule valid for the previous set. However, a response could also be classified as an ambiguous response if it matched the stimulus card on more than one dimension. If an ambiguous response was correct but occurred within a series of unambiguous perseverative responses and matched the principle, on which these unambiguous perseverations were made, it was counted as a perseverative response. An attention error was counted when the subject correctly placed at least four cards and then later failed to complete the categories.

The Self-reported Measures of Risky Behaviours

ACR questionnaire (*Analyse des Comportements Routiers*; Bergeron et Joly, 1987-Version E): This questionnaire measures different variables related to risky driving behaviours in the context of the theory of planned behaviour (Ajzen, 1991). For the present study, we retained the following: driving habits (frequency of the comportment), beliefs about risk perception, attitude, subjective norm, perception of control and intention to choose risky behaviours. These different factors were assessed with a scale of responses of the ACR when applied to 8 different risky behaviours involving the tactical or the strategical level of decision making (ex: *passing other vehicles, going through an intersection when the light is yellow, night driving, driving while very tired, tail-gating, drunk driving, driving in bad weather, and maintaining the same speed as usual despite bad conditions*). For each scale, the variable used in the analysis was the average score for the 8 risky behaviours. The alpha coefficient is high for every scale

(ex: .93 for the risk perception). For more details see Joly, Gilbert, Paquette, Perraton and Bergeron (1997).

Statistical Analysis

For all statistical analysis, we used SPSS.

For the measurements obtained with the *ad hoc* questionnaire, a chi-square Test or T-test, depending on the variable characteristics (discrete or scale variables), was applied for comparing the two accident groups.

The four cognitive tests were analysed with a 2X2 (accident group by age group) multivariate analysis of covariance (MANCOVA). We chose to take into account the covariable *education level* because the difference with this variable between the two accident groups is almost significant (see results section) and it is known that this factor may affect performance on neuropsychological tests measuring executive functions³.

For each variable obtained with the ACR questionnaire (risk perception, attitude, subjective norm, perception of control and intention to choose risky behaviours), the effect of the accident group, age group and interactions were analysed with an ANOVA (2X2).

³A MANOVA was also performed on the four cognitive tests and give results similar to those presented below.

RESULTS

To compare the number of accidents reported with the actual number of accidents, we obtained from each subject the authorisation to verify his accidents included in the SAAQ records. This data is presented on table 3. It is evident that the large majority (86.6%) of subjects with three accidents or more (according to SAAQ files) reported having less than three accidents. A significant part of these (26.6%) reported having no accidents at all in the 1992-1997 period.

Insert Table 3 about here

The two accident groups do not differ ($\chi^2 = 0.35, p > .10$) on their reported visual problems (95% wear glasses mainly for correcting low visual acuity). There is also no significant difference ($p > .10$) in the annual mileage reported at the different age levels (20, 30, 40, 50, 60 and 70 years of age). However, the two accident groups differ almost significantly on education level ($t\text{-value} = 1.84, df = 58, P = 0.07$), and significantly on annual family income in 1997 ($\chi^2 = 3.83, df = 1, p < .05$) as well as marital status ($\chi^2 = 6.23, df = 1, p < .05$). The group having accidents, compared to the accident-free group, has a lower level of education (9.73 years of education compared to 11.57 years, respectively), has a lower family income (20.7 % compared to 44.8 % earn more than 40,000\$ per year, respectively) and a higher number of this group lives alone (46.7% compared to 16.7%, respectively). Moreover, the present data shows that drivers having accidents have a higher occurrence of diabetes ($\chi^2 = 3.83, df = 1, p < .05$) than

the accident-free group (23.3% versus 3.3%, respectively). The two groups do not differ on other occurrences of medical conditions (muscular inflammations, infarctions, heart disease, high blood pressure, glaucoma or colour-blindness, $p > .10$). The last significant difference between these two groups concerns the modification of their usual driving speed. We observed that a larger portion of the group having accidents (56.7% vs 23.3% for the accident-free group) reports a decrease in their driving speed during the last five years ($\chi^2 = 5.625$, $df = 1$, $p < .05$).

Insert Figure 1 about here

Figures 1, 2, 3, and 4 present MANCOVA results on four neuropsychological assessments. For a better understanding of the cognitive problems, speed and performance effectiveness measurements are presented in separate figures for each independent variable (age and accident groups). The WCST does not appear in Figure 1 and 2 because there is no speed measurements.

Insert Figure 2 about here

Analysis of speed differences on the neuropsychological tests for the two accident groups (Figure 1), shows that the group having accidents is significantly slower than the group having no accidents on Trail I (CTT T1; $F = 4.699$, $df = 3$, $p < .05$). The scores of these two groups do not differ between Trail I and II (CTT DT; $F = 0.971$, $df = 3$, $p = .329$). The group having accidents takes significantly more time on all conditions of

the SCWT (FC: $F= 4.517$, $df= 3$, $p<.05$; LC: $F= 6.787$, $df= 3$, $p<.05$) compared to the control group. Moreover, the planning and execution times were significantly longer for drivers having accidents (PT: $F= 5.927$, $df= 4$, $p<.05$; ET: $F= 16.703$, $df= 4$, $p<.001$).

With respect to the age group (Figure 2), the only significant difference is found within the last two conditions of the SCWT, where the oldest drivers are slower (SCWT LC: $F= 11.24$, $df= 3$, $p<.001$).

Insert Figure 3 about here

Concerning the number of errors and performance effectiveness within the two accident groups, we observed (figure 3) that the group having accidents have poorer performance on all measurements, especially the number of errors (CTT: $F= 13.446$, $df= 3$, $p<.01$; SCWT: $F= 10.483$, $df= 3$, $p<.01$; TL MM: $F= 9.047$, $df=4$, $p<.01$; TL DF: $F= 5.171$, $df= 4$, $p<.05$; WCST EP: $F= 6.68$, $df= 4$, $p<.05$). The number of categories completed (WCST CAT: $F= 0.788$ $df= 4$, $p = .378$) and attention errors (WCST EA: $F= 1.381$, $df= 4$, $p= .245$) on WCST do not differ between the two accident groups.

With respect to the two age groups (Figure 4), the older drivers differ from the younger drivers only for the number of errors on the SCWT (SCWT NE: $F= 4.69$, $p<.05$) and on the number of categories completed on the WCST (WCST CAT: $F= 13.523$, $df= 4$, $p<.01$).

Insert Figure 4 about here

For each cognitive test, the effect size for the two accident groups varies from 0.169 (Wisconsin Card Sorting Test) to 0.240 (Tower of London). The effect size for the two age groups varies from 0.08 (Color Trail Test) to 0.23 (Stroop Color Word Test). The MANCOVAs on the four cognitive tests for speed as well as performance effectiveness show no interaction between the age and the accident groups.

Insert Table 4 about here

Table 4 shows ANOVA results for ACR questionnaire. Significant differences are observed on the *intentions* scale ($p < .05$) and on the *subjective norm* scale ($p < .05$) between the two accident groups: elderly drivers having accidents express the intention to exhibit more careful behaviours on the road, and perceive the same carefulness among their peers. There is no significant interaction between the age group and the accidents group.

DISCUSSION

The results of this study are in agreement with the hypothesis we made in the first study regarding the number of errors on the questionnaire: male drivers in the group having accidents seem to have more cognitive deficits than accident-free drivers. We may not, however, consider this relationship between past accidents and cognitive functioning like a causal relationship because of the correlation nature of this study and because the cognitive evaluation and the crash records were not measured at the same point in time.

More specifically, we observed that the number of errors on the different cognitive tests explains an important part of the differences between drivers having accidents and accident-free drivers. Drivers having accidents make more errors that reflect mental rigidity (perseveration errors, flexibility problems, etc.) and have poorer ability to plan and solve problems. These errors may not be attributed to impulsive behaviour because this group of drivers is shown to take more time for planning or executing tasks. In fact, the slower responses observed with the group having accidents may be partly related to the number of errors: in most cases, more errors mean more time to complete the tests.

When we compare our results to the normative data of the Color Trail Test (D'Elia *et al.* 1996), the sample of subjects having accidents performs at the 30th percentile for speed and between 2nd and 5th percentile (T Score= 29 and 34, respectively) for errors. In contrast, the sample of accident-free drivers performs at the 50th percentile for both speed and efficiency. The same differences were observed with the normative data of the WCST (Heaton, Chelune, Talley, Kay and Curtis, 1993): for perseverative errors, the accident-free group perform at 30th percentile (T-score: 45) and the group having accidents perform at 9th percentile (T-score: 37). Regarding the TL test, the group having accidents performs at 6th percentile for execution time and the accident-free group perform at the 45th percentile (Henguelle-Flamant, Schaefer-Courcot, 1994). No global norms are available at the present time for the modified version of the SCWT.

With regard to the effect of ageing, our results show a significant reduction in the number of categories completed on the Wisconsin Card Sorting Test among the oldest age group. This decline in performance on the WCST could be explained by a limited "abstraction" capability. In fact, many subjects in the older group completed less than three categories, which could reflect a poor understanding of the task. In addition, the Stroop Color Word Test differentiates the two age groups and may indicate an executive functions disorder among the oldest subjects. Because the Tower of London test is the best predictor for the two accident groups, and the Stroop Color Word Test is the best predictors for the age groups, we suggest that the cognitive decline with ageing is different from the cognitive problems that characterise at-risk elderly drivers. The difference between these two tasks is that the first requires the ability to plan and

organise an action sequence for problem solving (Spreen and Strauss, 1998) while the Stroop Color Word Test requires rapid cognitive flexibility but no problem solving.

With respect to the motivational component, we saw that intention and subjective norm scales of the ACR questionnaire differentiates significantly between the two accident groups. The drivers who had accidents within the last five years express the intention to drive more carefully. These results are in contrast with results for the younger population where drivers having many accidents report at a higher frequency the intention to take risks on the road (Bergeron and Joly, 1987; Ratté and Bergeron, 1997). In the present sample of elderly drivers, those with poor accident records, more frequently report having reduced their speed in the last 5 years. In this regard, the motivational components (e.g. intention, subjective norm) among elderly drivers seem to have a less straightforward relationship with accident risk than it has for younger drivers.

Other interesting results pertain to the health of the two accident groups. Subjects were not chosen or excluded according to their health status, but our results show more diabetic persons in the group having accidents. Diabetes is a factor that may be related to a reduced efficiency on cognitive tests and to the increase in accident risk. Other problems, like Alzheimer's disease, may also explain cognitive deficits in the sample having accidents. However, in the present study no subject reported having this disease (which does not exclude the possibility of pre-clinical status).

GENERAL DISCUSSION

Older drivers have some advantages over their younger counterparts. These include driving experience, maturity, reduced driving exposure per year and often, the flexibility to make their trips at times and to places that they perceive as being safe. These advantages are not necessarily true for all elderly drivers in all situations, especially in complex dynamic traffic situations like left turns at intersections. We know that cognitive decline can explain a part of elderly drivers' accidents but few studies have demonstrated a good understanding of cognitive function deficits, regardless of etiology, contributing to adverse traffic events within the general older population. Our results show that poor performance on tests involving executive functions is related to poor accident records among a sample of elderly male drivers. In addition, the number of errors made on these tests, rather than the performance speed, appears to characterise the at-risk drivers. This study reveals the potential importance for driving competence evaluation of executive functions such as mental flexibility, adjustment to environmental changes and planning capacities.

According to Stuss *et al.* (1995), the deficiencies of executive functions make people less flexible for performing tasks requiring adjustment and it lowers the ability for planning and problem solving. In other words, people with poor executive functions have reduced adaptive capability. Mental rigidity among the group having accidents

observed in this research is presumably related to the decline of the SAS and may influence their driving ability. It is not surprising that many accidents in this population happen at intersections because this situation involves processing a lot of information, making decisions and adapting behaviours to environmental cues.

Regarding adaptation behaviours, we found an unexpected relationship between the accident records and the risky behaviours as measured by the driving habits questionnaire and the ACR questionnaire. In our elderly drivers' sample, the drivers having accidents report driving more slowly and express more frequently, the intention to adopt careful behaviours on the road. However, we don't know if these adaptive behaviours were already present before the accidents, which would imply that they were not effective (considering cognitive impairments observed); or, if these adaptive behaviours came after having many accidents. The fact that drivers having accidents report having reduced their speed about 5 years ago, suggests that the compensation behaviours may have preceded the accidents, but at the present time this remains an hypothesis because the self-reported data is not corroborated by real behaviour observations.

These results apparently point in a direction opposite to adaptation models. In fact, it suggests that subgroups (e.g. with cognitive decline) among the elderly driver population have specific behaviours on the road and may not be representative of the general ageing population which demonstrates good compensation behaviour for some visual or motor decline (Hakamies-Blomqvist, 1994, Joly and Brouwer, 1998; Maag, Joly, Gagnon, Desjardins, Messier et Laberge-Nadeau; Tétreault, 1998). In our sample,

we observed the same trend of adaptive behaviours with ageing; the oldest drivers adopt, in general, more careful driving behaviours and reduce their risk exposure.

In the perspective of the Risk Homeostasis Theory (Wilde,1982) such adaptive behaviours may be seen as attempts to adjust driving to keep a relative equivalence between the target level of risk and the subjective risk, taking into account the reduced capabilities. The quality of information intake, anticipations, verifications, estimations of risk, comparison with the target level, decisions taken, and actions executed upon the vehicle controls is influenced by a number of factors that include the ability to drive and the motivational states. We know from our own data that the willingness to adopt safe behaviours (e.g. driving habits questionnaire results) increases with ageing; a higher level of desired risk does not appear to be a plausible explanation for the high accident rate of the elderly drivers. One possibility is that, some drivers with cognitive deficits are not able to accurately estimate the risk of specific situations and may drive over their own level of competence and comfort. As suggested above, it is also possible these drivers adopt behaviours that are generally more careful (e.g. reducing their speed), but not necessarily appropriate for every specific situation and/or sufficient to compensate for poor cognitive functioning. In addition, the fact that alternative transport services are not easily available may also explain why at-risk drivers must continue to drive in order to maintain their autonomy. Unfortunately, in the present study, it is not possible to determine which of these different explanations, among others, is the most accurate.

This research provides some insight into the heterogeneity seen in the older population. Most studies in the cognitive domain (Joanette, Ska, Poissant, Belleville,

Lecours and Peretz, 1995; Mejia *et al.*, 1998; Mitrushina, Uchiyam, and Satz, 1995) observed that the elderly population is characterised by its heterogeneity on cognitive performances. In our study, we took two groups of subjects from the active population (with the criteria of driving at least 5, 000 km per year and with no consideration of their medical condition) and we observed two distinct profiles in terms of executive functions. The group having no accidents works significantly more rapidly and makes less errors on the four neuropsychological tests, than the group having accidents. Thus, for a number of active older people, cognitive deficits are so important that they affect their daily activities and especially their driving capabilities. This observation is in accordance with the results of Mitrushina, Uchiyama and Satz (1995) who evaluated elderly subjects on their performance on a battery of neuropsychological tests. Of these subjects, 70,1% were classified into clusters that showed good performance. Within this sample, they extracted three clusters, each with distinct patterns of cognitive deficits that likely represent pre-clinical stages of a dementing process. Subjects having accidents in our sample may belong to these types of clusters and may have a pre-clinical decline in their abilities. Studies that observed a decline with ageing in some cognitive functions, especially with functions involving pre-frontal cortex (Brennan *et al.* 1997; Daigneault and Brown, 1994; Graf *et al.* 1995; Mejia *et al.* Parkin and Java, 1999, 1998; Raz *et al.*, 1998), but that did not exclude such subjects with a pre-clinical status, may have overestimated the cognitive decline of the normal elderly population. This suggests that future studies in this field should investigate for unknown or undeclared diseases. This should also be taken into consideration for statistics on traffic accidents that may be biased by subgroups of elderly drivers with specific cognitive problems.

In the present study, the group having accidents had a higher occurrence of Type -2 diabetes (i.e. non-insulin-dependent). This is in accordance with results from other studies showing a relationship between diabetes and accidents among some categories of drivers (Laberge-Nadeau, Desjardins, Messier, Maag, Ekoé and Joly, 1995). Recently, Boxtel, Buntinx, Houx, Metsemakers, Knottnerus and Jolles (1998) observed that elderly diabetic patients (Types 1 and 2), compared to a healthy control group, perform worse on tasks involving memory, learning, psychomotor speed and problem solving. They explained these results by the fact that diabetes changes the cerebral blood supply and metabolism. However, it is unlikely that either medical conditions or drug treatments considered on their own will be shown to be important predictors of driving competence at the individual level. Dobbs, Heller and Schopflocher (1998) have shown the importance of considering cognitive function criteria over a medical condition when evaluating driving competence among the ageing population. That is because functional limitations can result from many medical conditions, whereas not all persons with such medical conditions are likely to be functionally impaired. Physicians have the responsibility to make a judgement on their patients' driving competence, but studies have shown that they do not have the appropriate tools and guidelines for identifying at-risk drivers (Miller and Morley, 1993; O'Neil, Neubauer, Boyle, Gerard, Surmon and Wilcock, 1992).

The present findings clearly indicate that older drivers having accidents report fewer crashes than what appears in their insurance records (SAAQ). We do not think that this difference is due to the deliberate intention to hide their accidents because they know that we have access to their driving records. This observation is a probable

reflection of their cognitive deficits and therefore, it highlights the importance of using official accident records instead of relying on verbal reports.

CONCLUSIONS

The findings in this study indicate the importance of evaluating *executive functions* of at-risk drivers in the ageing population. At the moment, it remains difficult to identify which specific functions of the SAS are the most important for automobile driving. This problem is very difficult to address because the tasks that measure the SAS are not pure and involve the evaluation of many cognitive processes (Burgess and Shallice, 1994). This is one of the limitations of this study. In order to restrict test administration duration, we chose to consider only tasks that involve the SAS and did not consider other functions. According to the literature, if the SAS is dysfunctional, all cognitive spheres will be affected. Deficits can be observed in planning, anticipation and problem solving in many daily activities, in addition to tasks involving memory, perception and language. SAS dysfunctions may affect the capacity to answer a simple questionnaire, as was observed within our subgroup of subjects having accidents. In this regard, it is reasonable to expect a greater implication of the SAS in a task as complex as driving an automobile.

From a developmental perspective, this study suggests that it would be interesting to know how the maturation of the frontal lobe affects the ability to drive. For example, what is the relationship between frontal lobe immaturity (when the *executive functions* have not necessary reached their optimal performance) and the over-

representation of young drivers in accidents, especially for those between 16 and 20 years old. Would accident risk be higher for a subgroup of teenagers or young adults with such neurological immaturity? There is evidence indicating that early frontal lesions, however discrete, can result in deficits that are not immediately apparent, but which can later lead to developmental problems such as impaired reasoning, impulsivity, emotional instability, lack of moral judgement, and criminal behaviour (Marlowe, 1992; Price, Daffner, Stowe and Mesulam, 1990). Moreover, it may be important to study the implication of executive functions deficits for accident risk of other populations characterised by a dysfunctioning frontal lobe: e.g. psychiatric patients, patients suffering from Tourette's syndrome, people with Attention Deficit Hyperactivity Disorders (ADHD), victims of traumatic brain injury, etc.

In future studies, it may be interesting to look at actual driving performance on public roads or on a closed course. In the present study, the driving competence criteria involved only the number of accidents recorded, while the hypotheses concerned the events or processes that caused these accidents. Even if involvement in crashes is without contest, a crucial variable in this research field, *in situ* observation of driving behaviours could bring a better understanding of the direct effect of executive functions deficits on driving. A recent study (Dobbs, Heller and Schopflocher, 1998) indicates that patients with probable Alzheimer's disease make significantly more errors on the road, especially in intersections. Another research alternative is to set up a Panel Data Analysis as used by Hu *et al.* (1998). This panel data set requires the annual observation of each subject participating in the study. This method can be useful for evaluating driving capabilities of clinical populations, but it is costly.

In summary, the results of the present study are in accordance with recent publications (Lundberg, Hakamies-Blomqvist, Almkvist and Jahanson, 1998; Whelihan and DiCarlo, 1999) stressing the importance of having a good cognitive profile in the evaluation of driving abilities. More specifically, these results bring empirical support to the idea that executive functions play a crucial role in driving because this task requires a complex integration of information and supervision of multiple actions that must be adapted to environmental cues. The neuropsychologist, as a member of the healthcare team, can play an important role in the assessment of cognitive processes related to driving competence.

Acknowledgements

The authors are grateful to *la Société de l'Assurance Automobile du Québec* (SAAQ) and to the *le Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche* (FCAR) for sponsorship of this project.

REFERENCES

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behaviour. *Organizational behavior and human decision processes*, 50, 179-211.
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M.E., Roenker, D.L., & Bruni, J.R. (1993). Visual Attention Problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigation Ophthalmology and Visual Science*, 34 (11), 3110-3123.
- Beaulieu, M.C. (1999). Conduite automobile et activité domestique chez une clientèle avec démence d'Alzheimer. Ph.D. thesis. Montréal, Canada: Université de Montréal.
- Bergeron, J., & Joly, P. (1987). Young drivers' attitudes and drunk driving habits as a function of their accident involvement and violation record. In T. Benjamin (Ed), *Young drivers impaired by alcohol and drugs*. London: Royal Society of Medicine.
- Blokey, P.N., & Havley, L.R. (1995). Aberrant driving behaviour: errors and violations. *Ergonomics*, 38 (9), 1759-1771.
- Bohnen, N., Jolles, J., & Twijnstra, A. (1992). Modification of the Stroop Color Word Test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls. *The Clinical Neuropsychologist*, 6 (2), 178-184.

- Boxtel, M.P.J., Buntinx, F., Houx, P.J., Metsemakers, J.F.M., Knottnerus, A., & Jolles, J. (1998). The relation between morbidity and cognitive performance in a normal aging population. *Journal of Gerontology: Medical sciences*, 53a (2), 147-154.
- Brennan, M., Welsh, M.C., & Fisher, C.B. (1997). Aging and executive function skills: an examination of a community-dealing older adult population. *Perceptual and Motor Skill*. 84, 1187-1197.
- Brown, J. Greaney, K., Mitchel, J., & lee, S.W. (1993). Predicting accident and insurance claims among older drivers. Rapport de ITT Hartford Insurance Group et de AARP. Southington, CT.
- Burgess, P.W., & Sallice, T. (1994). Fractionnement du syndrome frontal. *Revue de Neuropsychologie*, 4 (3), 345-369.
- Daigneault, G., Joly, P., & Frigon, J.Y. (in press). Previous convictions or accidents and the risk of subsequent accidents of elderly drivers.
- Daigneault, S, & Brown, C.M. (1993). Working memory and the Self-ordered Pointing Task: further evidence of early prefrontal decline in normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 881-895.

- Daigneault, S., Brown, C.M., & Whitaker, H.A. (1992). Early effects of normal aging on perseverative and non-perseverative prefrontal measure. *Developmental neuropsychology*, 8 (1) 99-114.
- Decina, L.E., & Stanplin, L. (1993). Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 267-275.
- D'Elia, L.F., Satz, P., Uchiyama, C.L., & White, C.L. (1996). Color Trail Test. Odessa, TX: *Psychological Assessment Resources*.
- Dobbs, A.R., Heller, R.B., & Schopflocher, D. (1998). A comparative approach to identify unsafe older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 363-370.
- Dobson, A., Brown, W., Ball, J., Powers, J., & McFadden, M. (1999). Women drivers'behaviour, socio-demographic characteristics and accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 525-535.
- Elander, J., West, R., & French, D. (1993). Behavioral correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. *Psychological Bulletin*, 113 (2), 279-294.

- Evans, L. (1988). Older drivers involvement in fatal and sever traffic accidents. *Journal of Gerontology*, 43, 186-193.
- Evans, L., & Wasielewski, P. (1983). Risky driving related to driver and vehicle characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 15, 121-136.
- Gebers, M.A. (1990) *Traffic conviction- and accident- record facts* (report No. 127). Sacramento, CA: California Department of Motor Vehicles.
- Graf, P., Uttl, B., & Tuokko, H. (1995). Color and picture-Word Stroop Tests: performance changes in old age. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17 (3), 390-415.
- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1994). Compensation in older drivers as reflected in their fatal accident. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 107-112.
- Heaton, R.K. (1981). Wisconsin Card Sorting Test. Odessa, TX: *Psychological Assessment Resources*.
- Heaton, R.K., Chelune, G.J., Talley, J.L., Kay, G.G., & Curtis, G.C. (1996). Wisconsin Card Soring Tests, Odessa, TX: *Psychological Assessment Ressources*.

- Henguelle-Flamant, C., Schaefer-Courcot, F. (1994). La Tour de Londres: normalisation de l'épreuve dans une population adulte. M.Ps. theses, Université de Lille.
- Hu, P.S., Trumble, D.A., Folley, D.J., Eberhard, J.W., & Wallace, R.B. (1999). Crash risks of older drivers: A panel data analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (5), 569-581.
- Hunt, L., Morris, J.C., Edwards, D. and Wilson, B. (1993). Driving performance in persons with mild dementia of the Alzheimer type. *Journal of the American Geriatrics Society*, 41, 747-753.
- Joanette Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S., Lecours, A. and Peretz, Y. (1995). Development of an optimal neuropsychological battery for dementia. In: Del Ser, T. and Pena, J. (Eds.), *Neuropsychological and fonctionnal assessment of dementia*, Barcelona: Masson.
- Joly, P. (1990). *Motivations et comportements de risque de jeunes conducteurs en simulation de conduite à la lumière de la théorie de l'homéostasie du risque*. Ph.D. thesis. Montréal, Canada: Université de Montréal.

- Joly, P., & Brouwer, W.H. (1998). Problèmes de vigilance et stratégies de compensation chez les conducteurs âgés. In M.Vallet (Eds.). Press universitaires de Lyon.
- 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 Brookhuis, DeWard and Weikert (Eds.) *Simulators and Traffic Psychology*. HFES Europe Chapter.
- Kolb, B., & Whishaw, I.Q. (1995). *Fundamentals of Human Neuropsychology*. New York: Freeman Press.
- Laberge-Nadeau, C., Desjardins, D., Messier, S., Maag, U., Ekoé, J.M., & Joly, P. (1995). *Impact sur la sécurité routière des normes médicales et optométrique pour la conduite d'un véhicule routier: rapport exécutif*. (Publication CRT-95-50). Montreal: Laboratoire sur la Sécurité des transports du Centre de recherche sur les transports.
- Lezak, M.D., LeGall, D., & Aubin, G. (1994). Evaluation des fonctions exécutives lors d'atteintes des lobes frontaux. *Revue de neuropsychologie*, 4 (3), 327-343.

- Lundberg, C., Hakamies-Blomqvist, L., Almkvist, O., & Jahnson, K. (1998). Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. *Accident Analysis and Prevention, 30* (3), 371-377.
- Maag, U., Joly, P., Gagnon, R., Desjardins, D., Messier, S., & Laberge-Nadeau, C. (1997). Older drivers with vision problems. *40th Annual Proceedings, Association for the Advancement of Autoformative Medicine*. Octobre 2-9, 317-335.
- Marlowe, W.B. (1992). The impact of a right prefrontal lesion on the developing brain. *Brain Cognition, 20* (1), 205-213.
- McCoy, G.F., Johnstone, R.A., & Duthie, R.B. (1989). Injury to the elderly in road traffic accidents. *The Journal of Trauma, 29* (4), 494-497.
- McGwin, G., & Brown, D.B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis and Prevention, 31*, 181-198.
- Mejia, S., Pineda, D., Alvarez, L.M., & Ardila, A. (1998). Individual differences in memory and executive function abilities during normal ageing. *International Journal of Neurosciences, 95*, 271-284.

- Miller, D.J., & Morley, J.E. (1993). Attitude of physicians toward older drivers and driving policy. *Journal of American Geriatrics Society*, 41, 722-724.
- Mitrushina, M., Uchiyama, C., & Satz, P. (1995). Heterogeneity of cognitive profiles in normal aging: Implications for early manifestations of Alzheimers' disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17 (3), 374-382,
- National Highway Traffic Safety Administration (1989). Proceedings, Conference on research and development needed to improve safety and mobility of older drivers, Lister Hill Conference Center, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland.
- Normand, D.A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: wiled and automatic control of behaviour. In R.J. Davidson, G.E. Schwartz, D. Shapiro (Eds), *Consciousness and Self-Regulation*, 4, NY: Plenum.
- O'Neill, D., Neubauer, K., Boyle, M., Gerard, J., Surmon, D., & Wilcock, G.K. (1992). Dementia and driving, *Journal of the Royal Society of Medicine*, 85, 199-202.
- Owsley, C. (1997). Clinical and research issues on older drivers: future directions. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*. 11. 3-7.

Owsley, C., Ball, K., Sloane, M.E., Roenker, D.L., & Bruni, J.R. (1991) Visual/Cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging, 8* (3), 403-415.

Parasuraman, R. (1991). Attention and driving skills in aging and Alzheimer's disease. *Human Factors, 33* (5), 539-557.

Parker, D., Reason, J., Manstead, A.S.R., & Stradling, S.G. (1993) Driving errors, driving violation and accident involvement. *Ergonomics, 38* (5), 1036-1048.

Parkin, A.J., & Java, R. (1999). Deterioration of Frontal Lobe Function in Normal aging: Influences of fluid intelligence versus perceptual speed. *Neuropsychology, 13* (4), 539-545.

Price, B.H., Daffner, K.R., Stowe, R.M., & Mesulam, M.M. (1990). The compartmental learning disabilities of early frontal lobe damage. *Brain, 113*, 1383-1393.

Ratté, J. (1989). *Facteurs de personnalité sous-jacents à la prise de risque en conduite automobile*. Ph.D. thesis. Montréal, Canada: Université de Montréal.

Ratté, J., & Bergeron, J. (1997). Psychology of young, risky and bad road drivers: Links to depression and suicide. *Caribbean Journal of Criminology and Social Psychology, 2* (2), 146-161.

- Raz, N., Gunning-Dixon, F.M., Head, D, Dupuis, J., & Acker, J.D. (1998). Neuroanatomical correlation of cognitive aging: evidence from structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 12 (1), 95-114.
- Reitan, R.M., & Wolfson, D. (1993). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: Theory and clinical interpretation*. Tucson, AS: Neuropsychology Press.
- Sanders, A.F. (1970). Some aspects of the selective process in the functional field of view. *Ergonomics*, 13, 101-117.
- Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 298, 199-209.
- Spreen, O., & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests*. New York: Oxford University Press.
- Stamatiadis, N. (1996). Gender effect on the accident patterns of elderly drivers. *The journal of Applied Gerontology*, 15 (1), 8-22.

- Stamatiadis, N., & Deacon, J.H., (1995) Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (4), 443-459.
- Stuss, D.T., Shallice, T., Alexander, M.P., & Picton, T.W. (1995). A Multidisciplinary approach to anterior attentional functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769, 191-211.
- Tétreault, M. (1998). *Effect de l'âge et de la perception des capacités sur les comportements des conducteurs*. Ph.D. thesis. Montréal, Canada: Université de Montréal.
- Transportation Research Board (1988). *Transportation in an Aging Society*, 1, Washington, DC : National Research Council.
- Verriest, G., Barca, L., & Dubois-Poulsen, A. (1983). The occupational visual field. I : Theroetical aspects. The normal functional visual field. In : Verriest, G. (Ed.) *fifth International Visual Field Symposium*. Junk, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 165-185.
- Whelihan, W.M., & DiCarlo, M.A. (1999). The driver with dementia: A role for the neuropsychologist. *Medecine and Health.*, 82 (12), 440-442.

Wilde, G.J.S. (1994). *Target Risk*. Toronto, Ontario: PDE Publications.

Wilde, G.J.S. (1982). The Theory of Risk Homeostasis: implication for safety and health. *Risk Analysis*, 2, 209-225.

Wood, J.M., & Troutbeck, R. (1992). Effect of visual impairment on driving. *Human Factors*, 36, 476-487.

Table 1. Summary Table of ANOVA Results for Driving Habits

According to Accident and Age Groups

Variable	df	Mean Square	F Ratio	p
Frequency of driving (general)				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	16.51	1.19	.277
Age group	1	116.38	8.39	.004 *
2-way Interactions	1	11.31	.815	.368
Residual	175	13.87		
Frequency of driving (at night)				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	1.31	1.314	.280
Age group	1	10.24	9.158	.003 *
2-way Interactions	1	4.31	3.859	.051
Residual	166	1.12		
Avoidance of Difficult Situations (General)				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	16.91	0.09	.770
Age group	1	929.50	4.69	.032 *
2-way Interactions	1	28.87	0.14	.703
Residual	165	197.99		
Avoidance of Difficult Situations (Cognitive)				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	11.75	0.13	.715
Age group	1	490.43	5.59	.019 *
2-way Interactions	1	26.13	0.29.	.121
Residual	165	87.17		
Avoidance of Difficult Situations (Perceptual)				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	0.001	0.00	.994
Age group	1	61.57	7.15	.008 *
2-way Interactions	1	0.467	0.05	.816
Residual	162	8.607		

Table 1. (Continued)

Variable	df	Mean Square	F Ratio	p
Speed in city zone				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	496.696	5.622	.019*
Age group	1	797.843	9.031	.003*
<i>2-way Interactions</i>	1	4.457	0.050	.823
<i>Residual</i>	169	88.345		
Speed in rural zone				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	488.95	2.418	.122
Age group	1	876.16	4.333	.039*
<i>2-way Interactions</i>	1	786.423	3.889	.050*
<i>Residual</i>	166	202.218		
Speed on highway				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	486.743	5.56	.020*
Age group	1	603.557	6.89	.009*
<i>2-way Interactions</i>	1	190.499	2.18	.142
<i>Residual</i>	165	87.525		

Table 2. ANOVA Results for the number of Errors (Omissions and Commissions)

on questionnaire as a Function of Accident and Age Groups

Dependent Variables	df	Mean Square	F Ratio	<i>p</i>
Number of Errors				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	224.49	6.17	.014 *
Age group	1	52.45	1.44	.231
<i>2-way Interactions</i>	1	7.04	0.19	.660
<i>Residual</i>	176	36.37		

Table 4. ANOVA Results for the ACR Questionnaire as a Function of Accident and Age Groups

Variable	df	Mean Square	F Ratio	p
Risk Perception Scale				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	0.002	0.01	.943
Age group	1	0.023	0.05	.815
<i>2-way Interactions</i>				
Residual	56	0.061	0.149	0.70
Attitude Scale				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	0.358	0.98	.326
Age group	1	0.406	1.11	.296
<i>2-way Interactions</i>				
Residual	56	0.050	0.14	.231
Subjective Norm Scale				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	1.746	5.09	.028 *
Age group	1	0.045	0.132	.718
<i>2-way Interactions</i>				
Residual	56	0.197	0.57	.452
Perception of Control Scale				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	0.350	1.855	.179
Age group	1	0.561	2.973	.090
<i>2-way Interactions</i>				
Residual	56	0.061	0.323	.572
Intention Scale				
<i>Main Effects</i>				
Accident group	1	1.780	5.30	.025 *
Age group	1	0.449	1.34	.252
<i>2-way Interactions</i>				
Residual	56	0.002	0.007	.936

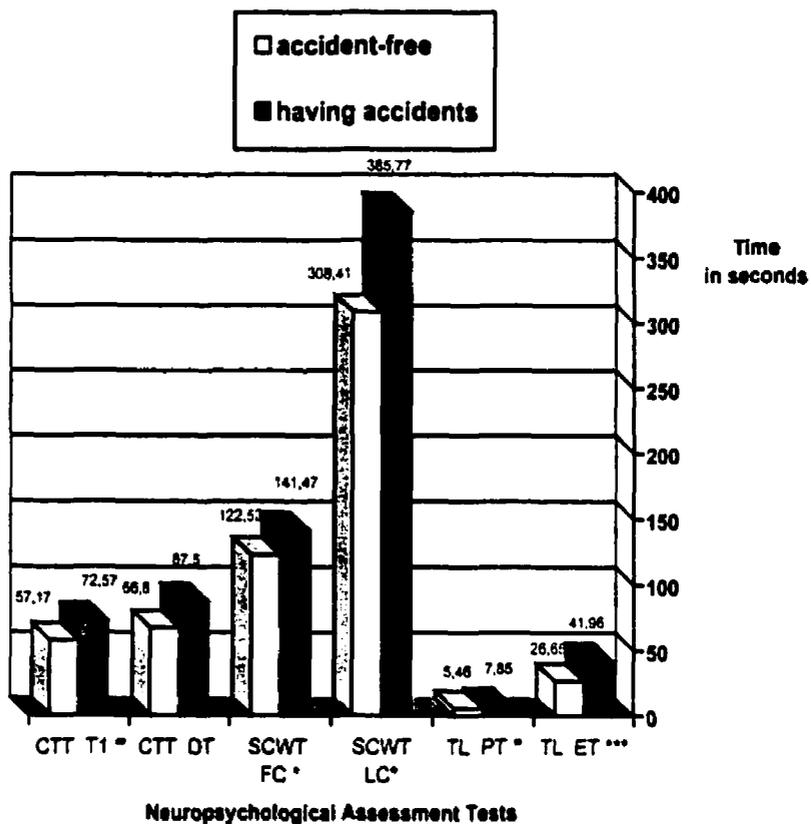
Figure Caption

Figure 1: Time Measurements on the Different Neuropsychological Tests for Accident-free Drivers and Drivers having Accidents.

Figure 2: Time Measurements on the Different Neuropsychological Tests according to Age.

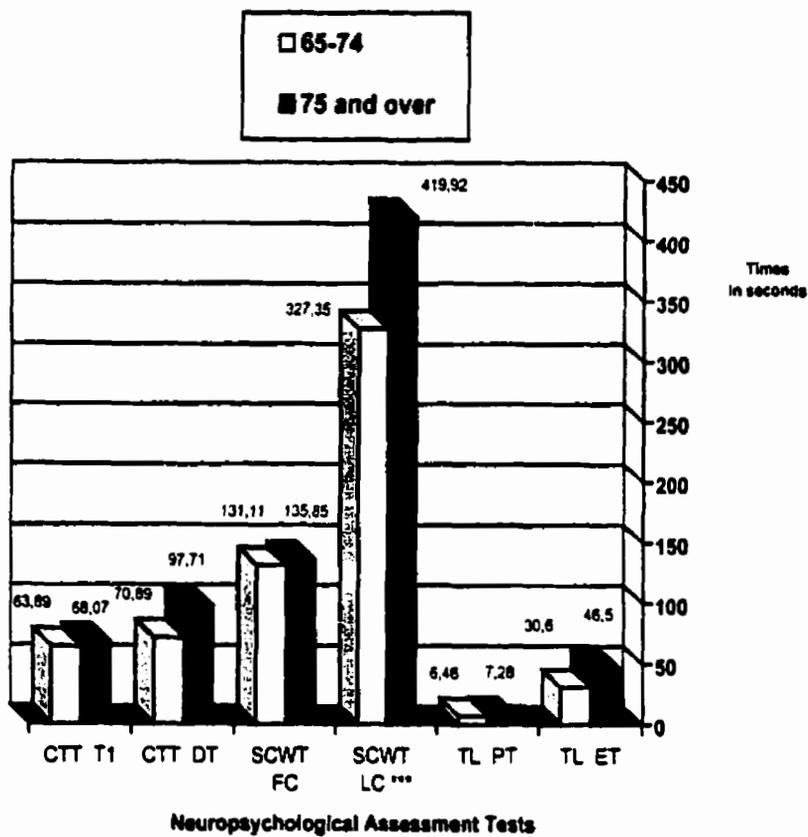
Figure 3: Number of Errors and Performance Effectiveness on the Different Neuropsychological Tests for Accident-free Drivers and Drivers having Accidents.

Figure 4: Number of Errors and Performance Effectiveness on the Different Neuropsychological Tests according to Age.



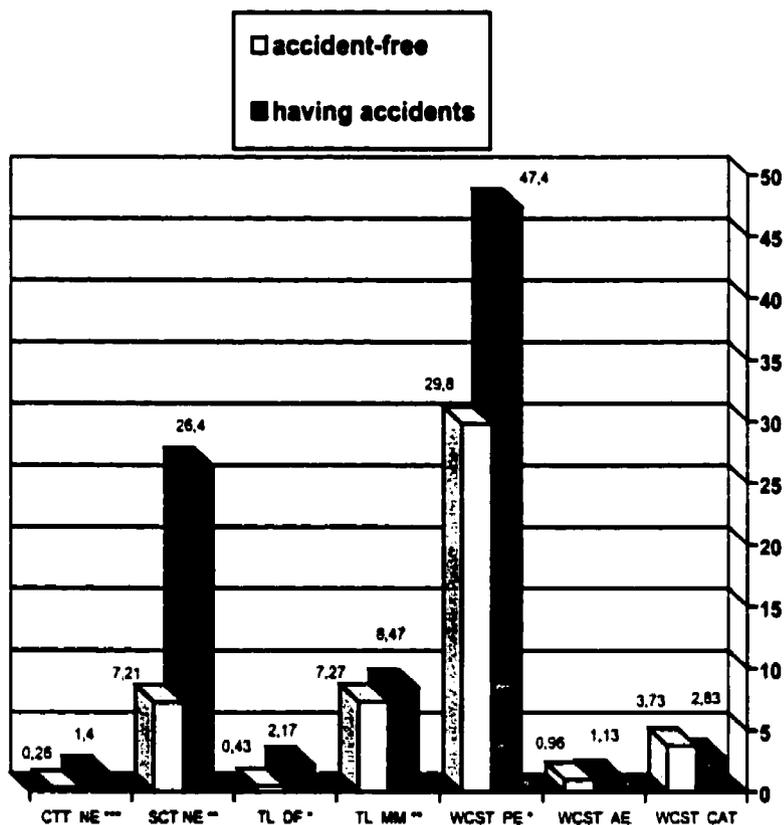
*P < 0.05 ** P < 0.01 *** P < 0.001

CTT= Color Trail Test, SCWT= Stroop Color Test, TL= Tower of London, T1=Times for Trail I, DT= Difference in Times between Trail I-Trail II, FC= Times for the First two Conditions (automatics) LC=Times for the Last two Conditions, PT= Planning Time, ET= Execution Time



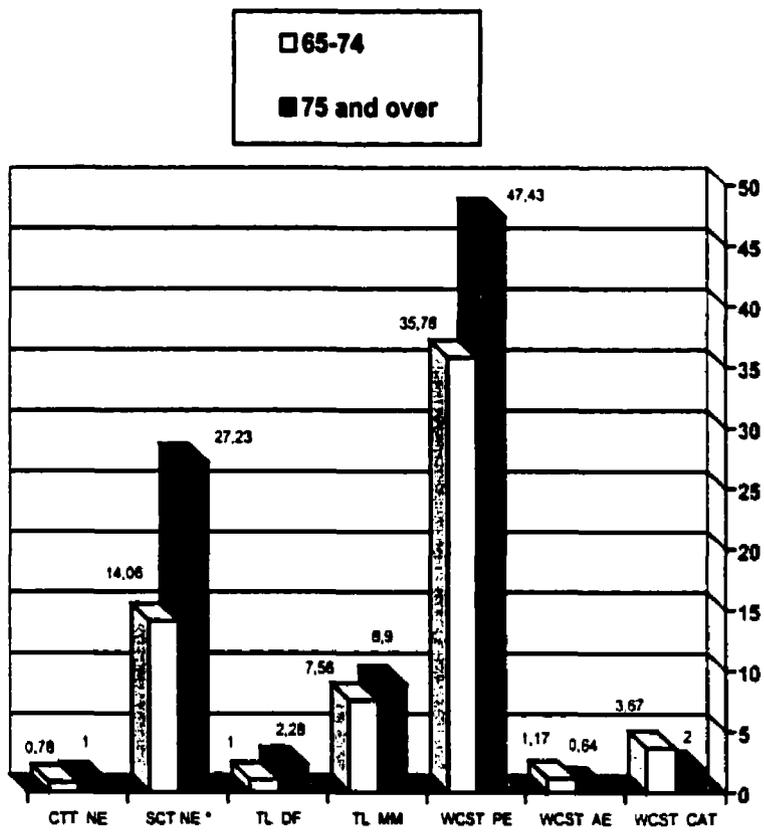
*P < 0.05 ** P < 0.01 *** P < 0.001

CTT= Color Trail Test, SCWT= Stroop Color Test, TL= Tower of London, T1=Times for Trail I, DT= Difference in Times between Trail I-Trail II, FC= Times for the First two Conditions (automatics) LC=Times for the Last two Conditions, PT= Planning Time, ET= Execution Time



*P < 0.05 ** P < 0.01 *** P < 0.001

CTT= Colour Trail Test, SCWT= Stroop Colour Word Test, TL= Tower of London, WCST= Wisconsin Card Sorting Test, NE = Number of Errors, DF= Directive Failures, MM= Mean of Movements, PE= Perseveration Errors, AE= Attention Errors, CAT= Number of Categories Completed.



*P < 0.05 ** P < 0.01 *** P < 0.001

CTT= Color Trail Test, SCT= Stroop Color Word Test, TL= Tower of London, WCST= Wisconsin Card Sorting Test, NE = Number of Errors, DF= Directive Failures, MM= Mean of Movements, PE= Perseveration Errors, AE= Attention Errors, CAT= Number of Categories Completed.

CHAPITRE TROISIÈME
DISCUSSION GÉNÉRALE

DISCUSSION

L'objectif de la présente thèse était de décrire les facteurs prédictifs du risque d'accident d'automobile chez la population âgée. Cette étude se distingue des études qui se sont intéressées à ce sujet, d'une part parce qu'elle porte sur toute une cohorte de conducteurs âgés du Québec; d'autre part, parce qu'elle étudie l'implication des fonctions exécutives dans l'évaluation du risque d'accident, en tenant compte simultanément des facteurs motivationnels.

Il est important de se rappeler que la seconde partie de l'étude a porté sur une population âgée masculine dont l'expérience, le style de conduite et les facteurs prédictifs du risque d'accident d'automobile diffèrent de la population âgée féminine (Dobson *et al.*, 1999; Hu *et al.*, 1998; Stamatidis, 1996). Donc, les conclusions des deux études du deuxième article portant sur les habitudes de conduite, les fonctions exécutives ainsi que les attitudes et comportements routiers, ne peuvent être généralisées qu'à la population d'hommes âgés de soixante-cinq ans et plus. L'analyse des caractéristiques des accidents et des infractions qui constitue l'objet du premier article porte pour sa part sur l'ensemble des conducteurs âgés du Québec, hommes et femmes.

L'ensemble des résultats met en évidence l'importance du fonctionnement cognitif dans le risque d'accident d'automobile de la population âgée et ce, à plusieurs niveaux. C'est ce que nous avons observé avec l'analyse des caractéristiques des accidents, avec l'étude des habitudes de conduite et l'expérience sur la route, avec

l'évaluation des fonctions exécutives et finalement avec l'étude des attitudes et comportements routiers.

3.1 Caractéristiques des accidents de la population âgée

L'analyse des dossiers de la SAAQ des conducteurs âgés du Québec montre que cette population âgée se caractérise par des accidents spécifiques qui se distinguent significativement de l'ensemble de la population des conducteurs, comme l'avait d'ailleurs déjà suggéré d'autres études (Blockey & Havley, 1995; Hakamies-Blomqvist, 1990, 1993; McGwin, & Brown, 1999; Parker *et al.*, 1995; Stamatiadis, & Deacon, 1995; Verhaegen, 1995). Il est en effet apparu que les conducteurs âgés ont des accidents dans de bonnes conditions atmosphériques, impliquant habituellement plus d'un véhicule, aux intersections et plus spécifiquement lors d'un virage à gauche. De plus, lorsque nous faisons la comparaison entre l'ensemble de la population des conducteurs et les conducteurs âgés pour ce qui est du type d'accidents, on constate que les collisions à angle droit et aux intersections augmentent avec le vieillissement alors que les accidents qui arrivent seuls diminuent et ce, de façon plus importante après 75 ans. Dans l'optique de Blockey & Havley (1995) ainsi que de Parker *et al.* (1995) qui distinguent les accidents par erreurs des accidents par violation (qui implique une composante motivationnelle), il semble donc que les conducteurs âgés sont impliqués principalement dans des accidents par erreurs. Ces auteurs (Blockey & Havley, 1995) relient les accidents par erreurs à un dysfonctionnement cognitif.

Nous avons également constaté dans l'étude des dossiers de conduite automobile des conducteurs âgés que les accidents antérieurs sont une variable

prédictive plus importante que le nombre d'infractions antérieures pour le niveau de risque d'accident automobile. Le lien entre ces différentes variables serait donc différent pour la population âgée comparativement à la population générale pour qui le nombre d'infractions antérieures étaient la meilleure variable prédictive du risque de conduite automobile (Gebers & Peck, 1992). Puisque le taux de variance expliquée demeure faible, il faut cependant préciser que le fait de connaître le nombre d'accidents antérieurs pour un individu âgé de 65 ans et plus ne permet de prédire qu'une part minime de son niveau de risque individuel. Il faut donc considérer que plusieurs autres facteurs sont impliqués dans l'évaluation du niveau de risque d'accident d'automobile pour les personnes âgées.

3.2 Les habitudes de conduite, les attitudes et comportements routiers

Le lien entre les variables motivationnelles et le risque d'accident d'automobile ne semble pas aussi direct que pour la population des plus jeunes conducteurs. Les résultats de la deuxième étape vont pratiquement à l'opposé de ceux retrouvés pour les jeunes conducteurs : les conducteurs âgés avec accidents rapportent conduire à une vitesse moins élevée que le groupe sans accident. De plus, si nous comparons la vitesse rapportée des deux groupes formés en fonction de l'âge, nous observons que le groupe des jeunes conducteurs avec accidents (65 à 74 ans) rapporte une vitesse comparable au groupe des plus vieux conducteurs sans accident (75 ans et plus), ce qui est d'ailleurs confirmé par l'interaction significative entre l'âge et le nombre d'accidents pour la vitesse sur les routes de campagne. Allant toujours dans ce sens, les conducteurs avec accidents rapportent avoir diminué leur vitesse depuis les cinq dernières années (questionnaire *ad hoc*), indiquent l'intention d'avoir des

comportements plus prudents dans le futur et évaluent leur groupe de pairs moins sévèrement (questionnaire ACR).

À la lumière de ces résultats, il semble donc que, contrairement à ce que l'on pouvait penser, les conducteurs âgés à risque rapportent de façon générale adopter des comportements en apparence plus prudents. Nous ne savons pas cependant de façon certaine si ces comportements ont précédé les accidents et représentent des mécanismes de compensation moins efficaces (le comportement compensatoire choisi est non adapté aux limites dans la conduite automobile). Par contre, le fait que les conducteurs âgés de ce groupe rapportent avoir diminué leur vitesse depuis cinq ans nous suggère que ces mécanismes ont effectivement précédé les accidents. Mais comme les données proviennent d'un questionnaire auto-administré et n'ont pas été corroborées par les habitudes réelles des conducteurs, il se peut que les comportements adaptatifs rapportés par le groupe avec accidents soient plutôt la conséquence du nombre d'accidents provoqués dans les cinq années précédentes (1992-1997). On ne peut donc conclure que ces comportements apparemment plus prudents reflètent une pleine conscience des limites spécifiques associées aux accidents.

Une autre possibilité est que les conducteurs à risque ne peuvent pas évaluer adéquatement le niveau de risque de certaines situations, étant donné leur dysfonctionnement sur le plan cognitif, et conduisent ainsi au-dessus de leur niveau de compétence et de confort. En effet, d'après le modèle de Wilde (1982), les comportements adaptatifs qui nous permettent de conduire à un niveau de risque accepté par le conducteur nécessitent de bonnes capacités d'analyse des informations,

d'anticipation, de vérification, d'estimation du risque, de comparaison avec le risque accepté, de prise de décision et de mise en place d'une séquence d'actions; ce qui semble faire défaut chez les conducteurs avec une histoire d'accidents.

Il se peut également que les conducteurs âgés les plus à risque soient conscients de leur limites sur le plan de la conduite automobile et demeurent tout de même sur les routes puisque la société actuelle offre peu de moyens de transport alternatifs. En ce sens, ces conducteurs conduiraient au-dessus du niveau de risque qu'ils tolèrent afin de maintenir un certain niveau d'autonomie.

Dans la présente étude, nous ne pouvons cependant pas déterminer laquelle de ces hypothèses est la plus plausible. Nous pouvons toutefois constater que le lien entre l'exposition au risque, la prise de risque et les comportements compensatoires n'est pas aussi direct que nous le pensons, spécifiquement pour les conducteurs âgés qui souffrent de troubles cognitifs. Bien que le groupe de conducteurs âgés avec accidents rapporte des comportements plus prudents sur les routes, il n'en demeure pas moins que la compensation rapportée a été inefficace car il demeure que ces individus ont un taux d'accidents plus élevé que l'ensemble de la population âgée. Ceci, parce qu'elle est non adaptée ou trop tardive ou parce qu'elle découle d'une tolérance volontaire d'un risque trop élevé.

3.3 Les fonctions exécutives

Certaines études antérieures (Ball et al., 1992) ont mis en évidence que le déclin cognitif des conducteurs âgés pouvait expliquer une partie des accidents provoqués par

cette population. Par contre, peu d'entre elles nous permettraient de comprendre qu'elles fonctions cognitives étaient le plus associées au risque d'accident pour cette population. Nos résultats nous offrent des éléments de réponse et indiquent que les pauvres performances aux tests mesurant les fonctions exécutives sont reliées à un mauvais dossier d'accidents d'automobile pour notre échantillon comprenant des hommes âgés de 65 ans et plus. De plus, il a été observé que le nombre d'erreurs aux quatre tests sélectionnés, soit le *Color Trail Test*, le *Stroop Color Word Test*, la Tour de Londres ainsi que le *Wisconsin Card Sorting Test*, nous permet de distinguer plus efficacement les conducteurs sans accident de ceux avec accidents comparativement aux mesures de temps, reflétant davantage un dysfonctionnement du SAS.

Il faut mentionner cependant que le nombre d'erreurs observé aux différents tests cognitifs pour le groupe avec accidents ne représente pas un comportement impulsif puisque les temps de réponse pour ces sujets étaient généralement plus lents que pour ceux du groupe sans accident. Ces temps de réponse plus lents ne peuvent pas être seulement le reflet d'une lenteur du traitement de l'information car les mesures de temps ne sont pas indépendantes du nombre d'erreurs. En effet, plus le sujet commet d'erreurs et plus le temps d'exécution sera important.

Lorsque nous comparons les performances de nos échantillons aux normes existantes, le groupe avec accidents obtient des performances significativement en deçà de son groupe d'âge, spécifiquement pour le nombre d'erreurs. En effet, au *Color Trail Test* (D'Elia et al, 1996), l'échantillon avec accidents se situe au 30^e centile pour la vitesse et entre le 2^e et le 5^e centile pour la mesure d'erreurs; le groupe sans accident se situe pour sa part au 50^e centile pour la vitesse et le nombre d'erreurs. Des résultats

similaires ont été retrouvés pour le *Wisconsin Card Sorting Test* et la Tour de Londres. Les données vont donc dans le sens d'une atteinte du SAS selon Stuss *et al.* (1995). À la lumière de ces résultats, il semble que le groupe avec accident se distingue significativement de la population âgée générale au niveau des fonctions exécutive.

Dans l'optique de Stuss *et al.* (1995), un dysfonctionnement sur le plan des fonctions exécutives rend la personne moins flexible au niveau cognitif ou du comportement (tend à donner des réponses persévératives), diminue les capacités de planification et de mise en étape d'une résolution de problème. En d'autres termes, les individus qui ont un déficit au plan des fonctions exécutives ont des capacités adaptatives réduites. Puisque le groupe avec accidents de notre étude démontre un dysfonctionnement à ce niveau, nous pouvons penser que leurs habiletés de conduite automobile seront affectées par ces déficits. De tels déficits sont susceptibles d'occasionner le type d'accidents qui caractérisent les conducteurs âgés, par exemple des accidents aux intersections. Ce type de situations exige de traiter plusieurs informations simultanément (en sélectionnant les plus importantes), de prendre des décisions rapidement et d'adapter nos comportements en fonctions des indices de l'environnement.

L'hypothèse voulant que les conducteurs âgés avec accidents à répétition souffrent d'un dysfonctionnement cognitif spécifiquement au niveau des fonctions exécutives est donc confirmée par les résultats de notre étude.

3.4 Limites de la recherche

Une des premières limites de cette recherche est le fait qu'elle a utilisé des tests qui à la base impliquent plusieurs processus cognitifs en plus des fonctions exécutives (Burgess & Shallice, 1994). En effet, afin d'avoir un temps d'expérimentation raisonnable, seules les tâches mesurant le SAS ont été sélectionnées, ce qui ne nous a pas permis de vérifier le fonctionnement pour d'autres processus (v. g. perceptivo-moteurs et cognitifs) et d'isoler la variable mesurée. Cependant, par la documentation scientifique actuelle, nous savons que toutes les sphères cognitives (v. g. mémoire, la perception ou le langage) seront affectées par un dysfonctionnement des fonctions exécutives (Botez, 1996). De plus, les tâches mesurant les fonctions exécutives ne nous permettent pas de préciser quelles fonctions du SAS sont les plus perturbées. D'autres études seront donc nécessaires afin d'isoler le dysfonctionnement du SAS des autres fonctions cognitives et de comprendre, à l'aide d'outils plus fins, les fonctions exécutives les plus susceptibles de prédire le risque d'accidents d'automobile. Il apparaît raisonnable de penser que l'atteinte de l'une ou l'autre des fonctions du SAS viendra nuire aux compétences en matière de conduite automobile.

Une seconde limite est que nous avons choisi uniquement le nombre d'accidents des sujets comme variable dépendante, sans mesurer leurs comportements en conduite réelle. La nature corrélationnelle de l'étude et le fait que le taux d'accidents et les performances aux tâches cognitives n'ont pas été évalués au même moment, ne nous permettent pas d'établir une relation de causalité entre ces variables. Une étude récente (Dobbs *et al.*, 1998) observe néanmoins que les patients qui ont un diagnostic de maladie d'Alzheimer probable ont significativement plus de problèmes

dans un test sur route. Ces résultats indiquent que le déclin cognitif est relié à une pauvre compétence dans les comportements routiers, spécialement aux intersections. Une alternative pour palier à ce problème méthodologique est d'effectuer une *Panel Data Analysis* comme Hu *et al.* (1998). Cette dernière, qui est cependant plus coûteuse, consiste à effectuer des observations annuelles pour chaque sujet qui participe à l'étude.

3.5 Implications pour la population âgée normale

Nos résultats nous permettent également de comprendre l'hétérogénéité qui caractérise les personnes âgées dans le domaine du fonctionnement cognitif (Joanette, Ska, Poissant, Belleville, Lecours, & Peretz, 1995; Mejia *et al.*, 1998, Mitrushina *et al.*, 1995). En effet, bien que nous ayons sélectionné nos sujets parmi la population active (individu conduisant au moins 5 000 km par année), sans information indiquant une condition médicale particulière, nous avons obtenu deux profils cognitifs distincts : un groupe démontrant une performance normale (conducteurs sans accident) et l'autre groupe (conducteurs avec accidents) démontrant un dysfonctionnement important au niveau des fonctions exécutives. Donc, pour une partie de la population âgée active, les déficits cognitifs sont assez importants pour nuire à la réalisation des activités quotidiennes et plus spécifiquement, à la conduite automobile. Cette partie de la population se distingue donc significativement de la population âgée normale et pourrait représenter un stade pré-clinique de démence, comme cela avait été observé dans un étude antérieure (Mitrushina *et al.*, 1995). Cette dernière étude mettait en évidence l'existence de sous-groupes dans la population âgée normale, venant augmenter l'hétérogénéité de celle-ci. Donc, les études qui observent un déclin des fonctions

cognitives avec le vieillissement, spécifiquement au niveau des fonctions pré-frontales (Brennan *et al.*, 1997, Daigneault *et al.*, 1994; Graf *et al.*, 1995; Mejia *et al.*, 1998; Parkin *et al.*, 1999; Raz *et al.*, 1998) et qui n'ont pas exclu les sujets pouvant présenter un tel stade pré-clinique de démence ont pu surestimer le déclin cognitif de la population âgée normale. Notre étude met donc en évidence l'importance de prendre en considération les maladies ou les dysfonctionnements non connus ou non déclarés par le sujet, tant dans le domaine de la recherche en psychologie cognitive que dans le domaine de la sécurité routière.

Nous avons également observé dans la présente étude que le groupe de conducteur avec accidents était plus atteint du diabète de Type-2 (sans traitement à l'insuline). Ces résultats vont dans le même sens que d'autres études démontrant une relation significative entre le diabète et les accidents pour certaines catégories de conducteurs (Laberge-Nadeau, Desjardins, Messier, Maag, Ekéo, & Joly, 1995). Récemment, Boxtel, Buntinx, Houx, Metsemakers, Knottnerus, & Jolles (1998) observaient d'ailleurs que les individus âgés souffrant du diabète (Type 1 ou 2), comparés au groupe contrôle, offraient une performance significativement inférieure dans des tâches mesurant la mémoire, l'apprentissage, la vitesse psychomotrice et la résolution de problème. Ces chercheurs expliquaient le dysfonctionnement cognitif des sujets diabétiques par les changements que provoquait cette maladie au niveau du métabolisme et de l'irrigation sanguine du cortex.

Nous savons cependant que la condition médicale ou les traitements pharmacologiques ne nous permettent pas à eux seuls de prédire les conducteurs à risque. En effet, Dobbs *et al.* (1998) constatent que le fonctionnement cognitif est un

critère plus important que la condition médicale en matière de sécurité routière car les limites fonctionnelles peuvent être attribuables à une condition médicale particulière alors que tous les individus qui ont cette condition médicale n'ont pas nécessairement les même limites fonctionnelles. Il faut également mentionner que les médecins dans plusieurs pays, et plus précisément ceux du Québec, ont la responsabilité de juger de la compétence à conduire de leurs patients. Certaines études démontrent cependant que ces professionnels de la santé n'ont pas les outils ou les connaissances nécessaires pour identifier les conducteurs à risque (Miller & Morley, 1993; O'neil, Neubauer, Boyle, Gerard, Surmon, & Wilcock, 1992).

Il est intéressant de constater que les sujets du groupe sans accident de notre étude présentent la plupart des facteurs permettant de distinguer les individus qui ont maintenu un bon niveau de capacités cognitives, tels que rapportés par une étude longitudinale (Mortimer, 1990): un environnement favorable (niveau socio-économique élevé), une plus grande flexibilité mentale et le fait d'habiter avec un conjoint. En ce sens, nos résultats semblent confirmer que de tels facteurs sont associés à un vieillissement normal, sans déclin significatif.

3.6 Autres implications

La présente étude nous permet de comprendre l'importance des mesures de fonctions exécutives dans l'évaluation des habiletés de conduite automobile chez les hommes âgés de 65 ans et plus. Il serait par ailleurs pertinent qu'une telle étude soit réalisée auprès de la population féminine dont les habitudes et l'expérience de conduite diffèrent.

Dans les recherches futures, il serait également intéressant que l'on évalue le risque d'accident d'automobile pour des populations dont les fonctions pré-frontales sont atteintes, v. g. comme lors de maladies psychiatriques, du syndrome de Gilles de la Tourette, d'un Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans Hyperactivité (TDA/H), d'un traumatisme crânien ou d'une démence d'Alzheimer. Le lien entre le diabète et le déclin cognitif pourrait également être approfondi.

De plus, il serait pertinent d'étudier de quelle façon la maturité des lobes frontaux affecte les habiletés de conduite automobile. Par exemple, on pourrait étudier la relation entre l'immaturité du cortex frontal et la sur-représentation des jeunes conducteurs dans les accidents, spécifiquement entre 16 et 20 ans, alors que le cortex frontal n'est pas nécessairement fonctionnel dans sa globalité pour certains sous-groupes d'adolescents ou de jeunes adultes. En effet, il semble que des lésions frontales, même les plus discrètes, peuvent provoquer des déficits qui ne sont pas perceptibles dans l'enfance mais qui deviennent plus apparents avec la maturation cérébrale. Elles peuvent prendre la forme de difficultés de raisonnement, d'impulsivité, d'une instabilité émotionnelle, d'un pauvre jugement ou de comportements criminels (Marlowe, 1992; Price, Daffner, Stowe, & Mesulam, 1990). Alors que le haut taux d'accidents des jeunes conducteurs est souvent associé à un manque d'expérience, il se pourrait qu'il soit également associé à un fonctionnement cognitif qui n'est pas pleinement mature, du moins pour une partie des jeunes conducteurs.

Puisque nos résultats mettent en évidence un lien entre le dysfonctionnement des fonctions exécutives et les accidents chez la population âgée et que, d'autre part, les personnes âgées sont de plus en plus présentes sur nos routes, il serait tout aussi

pertinent de rendre l'environnement routier plus facile à traiter dans son ensemble, en évitant, dans la mesure du possible, des conditions mettant à l'épreuve le SAS. À titre d'exemple, il peut devenir difficile pour une personne qui souffre d'un dysfonctionnement du SAS, même léger, de réagir efficacement face à un panneau qui donne deux informations différentes (v. g. un panneau qui nous indique que le virage à gauche est permis mais interdit pour certaines heures). Ce type de panneau exige des capacités d'inhibition et un traitement rapide de l'information. Des feux de circulation offrant un virage à gauche prioritaire viendraient, au contraire, diminuer la difficulté de prise de décision aux intersections. De telles modifications ne pourront cependant pas remédier aux déficits sévères des fonctions exécutives que nous avons observés chez certains sujets de notre étude. Pour ces derniers, il devient donc pertinent d'étudier la possibilité d'augmenter les services de transports alternatifs afin qu'ils puissent maintenir un niveau d'autonomie recherchée.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude, portant sur les conducteurs âgés du Québec, a permis de démontrer que les fonctions cognitives, plus spécifiquement les fonctions exécutives, sont importantes dans l'évaluation du risque d'accident d'automobile chez les conducteurs âgés.

Les résultats démontrent qu'une partie des conducteurs âgés impliqués dans plusieurs accidents depuis les cinq dernières années (1992-1997) se distinguent par leurs faibles capacités cognitives de planification, d'ajustement et de résolution de problème. Nous avons également démontré que le lien entre les comportements risqués sur la route et le taux d'accident n'est pas aussi direct que l'on pouvait penser pour cette population. La présente étude indique en effet que les conducteurs avec une histoire d'accidents rapportent avoir des comportements plus prudents sur la route et ce, dans le passé, le présent (comportements rapportés) ou le futur (intention). Cette apparente adaptation comportementale s'avère cependant insuffisante ou inefficace (non adaptée ou trop tardive), car ces individus ont un taux d'accidents plus élevé que l'ensemble de la population des conducteurs âgés. Le lien entre ces comportements adaptatifs, les déficits sur le plan cognitif et leur haut taux d'accidents demeurent donc difficiles à interpréter. Nous comprenons cependant que les conducteurs âgés qui ont un mauvais dossier de conduite, sur la base de leurs accidents, se distinguent tant sur le plan cognitif que sur le plan des habitudes de conduite de la population âgée générale et pourraient représenter un stade pré-clinique de démence. D'autres variables nous permettent également de les distinguer : ces derniers souffrent plus du diabète, ont un revenu familial moins élevé, vivent plus souvent seuls et ont un plus faible niveau d'éducation.

Nos résultats suggèrent donc que l'établissement d'un profil cognitif dans l'évaluation des habiletés de conduite des personnes âgées est important et pourrait éventuellement nous permettre d'identifier les conducteurs à risque. Le neuropsychologue, en tant que membre d'une équipe médicale, peut donc jouer un rôle important dans l'évaluation en matière de sécurité routière. Nous souhaitons que notre étude apporte aux professionnels du domaine de la santé et du domaine de la sécurité routière des informations utiles afin de développer des mesures visant à diminuer le risque d'accident d'automobile de la population âgée.

BIBLIOGRAPHIE

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behaviour. *Organizational behavior and human decision processes*, 50, 179-211.
- Assailly, J.P. (1992). *Les jeunes et le risque : une approche psychologique de l'accident*. France: Édition Vigot,.
- Baddeley, A. (1993). Working memory or working attention? In Baddeley, A., Weiskrants, L. (Eds.). *Attention: Selection, Awareness and control. A tribute to Donald Broadbent*. Oxford: Oxford Science Publication, Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M.E., Roenker, D.L., & Bruni, J.R. (1993). Visual Attention Problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigation Ophthalmology and Visual Science*, 34 (11), 3110-3123.
- Beaulieu, M.C. (1999). *Conduite automobile et activité domestique chez une clientèle avec démence d'Alzheimer*. Thèse de doctorat. Montréal, Canada: Université de Montréal.
- Berg, E.A. (1948). A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *Journal of General Psychology*, 39, 15-22.

Bergeron, J., & Joly, P. (1987). Young drivers' attitudes and drunk driving habits as a function of their accident involvement and violation record. In T. Benjamin (Ed.), *Young drivers impaired by alcohol and drugs*. London: Royal Society of Medicine.

Blockey, P.N., & Havley, L.R. (1995). Aberrant driving behaviour: errors and violations. *Ergonomics*, 38 (9), 1759-1771.

Bohnen, N., Jolles, J., & Twijnstra, A. (1992). Modification of the Stroop Colour Word Test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls. *The Clinical Neuropsychologist*, 6 (2), 178-184.

Boller, F., Marcie, & Traykov, L. (1996). La neuropsychologie de vieillissement normal. In Botez, M.I. (Ed.) *Neuropsychologie clinique et neuropsychologie du comportement*. Montréal : Les presses de l'université de Montréal.

Botwinick, J. (1977). Intellectual abilities. In Birren, J.E., Shaie, K.W. (Eds.) *Handbook of the psychology of aging*, New York, Van Nostran Teinhold.

Botez, M.I. (1996). Le syndrome frontal. In Botez, M.I. (Ed.). *Neuropsychologie clinique et neuropsychologie du comportement*. Montréal : Les presses de l'université de Montréal.

- Boxtel, M.P.J., Buntinx, F., Houx, P.J., Metsemakers, J.F.M., Knottnerus, A., & Jolles, J. (1998). The relation between morbidity and cognitive performance in a normal aging population. *Journal of Gerontology: Medical sciences*, 53a (2), 147-154.
- Boyer, M., Dionne, G. & Vanasse, C. (1992). Econometrics models based on count models: comparison and application of some estimations and tests. In Dionne G. (Ed.). *Contributions to insurance economics*, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Brennan, M., Welsh, M.C., & Fisher, C.B. (1997). Aging and executive function skills: an examination of a community-dealing older adult population. *Perceptual and Motor Skill*. 84, 1187-1197.
- Brown, J., Greaney, K., Mitchel, J., & Lee, S.W. (1993). Predicting accident and insurance claims among older drivers. Rapport de ITT Hartford Insurance Group et de AARP. Southington, CT.
- Brouwer, W.H., Waterink, W., Van Wolffelaar, P.C., & Rothengatter, T. (1991). Divided attention in experienced young and older drivers: lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator. *Human Factors*, 33, 573-582.
- Burgess, P.W., & Sallice, T. (1994). Fractionnement du syndrome frontal. *Revue de Neuropsychologie*, 4 (3), 345-369.

- Daigneault, S., Braun, C.M.J., & Whitaker, H.A. (1992). Early effect of normal aging on perseverative and non-persaverative prefrontal measures. *Developmental Neuropsychology*, 8, 99-114.
- Davidson, P.A. (1985). Inter-relationships between British drivers' visual abilities, age and road accident histories. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 5, 195-204.
- Decina, L.E., & Staplin, L. (1993). Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 267-275.
- D'Elia, L.F., Satz, P., Uchiyama, C.L. , & White, C.L. (1996). Color Trail Test. Odessa, TX: *Psychological Assessment Resources*.
- Dionne, G. & Vanasse, C. (1992). Automobile Insurance ratemaking in the presence of asymmetrical information. *Journal of Applied Econometrics*. 7 (2), 149-166.
- Dobbs, A.R., Heller, R.B., & Schopflocher, D. (1998). A comparative approach to identify unsafe older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 363-370.
- Dobson, A., Brown, W., Ball, J., Powers, J., & McFadden, M. (1999). Women drivers' behaviour, social-demographic characteristics and accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 525-535.

- Dulisse, B. (1997). Older drivers and risk to other road users. *Accident Analysis and Prevention*, 29(5), 573-582.
- Elander, J., West, R., & French, D. (1993). Behavioral correlation of individual difference in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. *Psychological Bulletin*, 113 (2), 279-294.
- Evans, D.A., Funkenstein, H.H., Albert, M.S., Scherr, P.A., Cook, N.R., Chown, M.J., Hebert, L.E., Hennekens, C.H., & Taylor, J.O. (1989). Prevalence of Alzheimer's disease in a community population of older persons. *Journal of the American Medical Association*, 262, 2551-2556.
- Evans, L. (1988 a). Risk of fatality from physical trauma versus sex and age. *Journal of Trauma*, 28, 368-378.
- Evans, L. (1988 b). Older drivers involvement in fatal and sever traffic accidents. *Journal of Gerontology*, 43, 186-193.
- Evans, L., & Wasielewski, P. (1983). Risky driving related to driver and vehicle characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 15, 121-136.
- Garder, N.J., & Srinivasan, R. (1991). Characteristics of accidents involving elderly drivers at intersections. *Transportation Research Record*, 1325, 8-16.

- Gauthier, M. & Duchesne, E. (1991). *Le vieillissement démographique et les personnes âgées au Québec, statistiques démographiques*. Québec: Les publications du Québec.
- Gebers, M.A. (1990). *Traffic conviction- and accident- record facts* (report No. 127). Sacramento, CA: California Department of Motor Vehicles.
- Gebers, M.A., & Peck, R. (1992). The identification of high-risk older drivers through age-mediated point systems. *Journal of Safety Research*, 23, 81-93.
- Graf, P., Uttl, B., & Tuokko, H. (1995). Color and picture-Word Stroop Tests: performance changes in old age. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 17 (3), 390-415.
- Haddon, W., Suchman, E.A., & Klein, D. (1964). *Accident Research Methods and Approaches*. New York : Harper and Row Publishers.
- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1994). Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 26 (1), 107-112.
- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1993). Fatal accidents of older driver. *Accident Analysis and Prevention*, 25 (1), 19-27.

- Hakamies-Blomqvist, L.E. (1990). Fatal collisions of older drivers. *General Psychology Monographs B 10*: University of Helsinki, General Psychology.
- Hale, A.R., Stoop, J., & Hommels, J. (1990). Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transport systems. *Ergonomics*, 33, 1377-1388.
- Heaton, R.K. (1981). Wisconsin Card Sorting Test. Odessa, TX: *Psychological Assessment Resources*.
- Heaton, R.K., Chelune, G.J., Talley, J.L., Kay, G.G., & Curtis, G.C. (1996). Wisconsin Card Sorting Tests, Odessa, TX: *Psychological Assessment Resources*. Hu, P.S., Trumble, D.A., Folley, D.J., Eberhard, J.W., & Wallace, R.B. (1999). Crash risks of older drivers: A panel data analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (5), 569-581.
- Hu, P.S., Trumble, D.A., Folley, D.J., Eberhard, J.W., & Wallace, R.B. (1999). Crash risks of older drivers: A panel data analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (5), 569-581.
- Hunt, L., Morris, J.C., Edwards, D., & Wilson, B. (1993). Driving performance in persons with mild dementia of the Alzheimer type. *Journal of the American Geriatrics Society*, 41, 747-753.

- Hupet, M., & Van der Linden, M. (1997). L'étude du vieillissement cognitif : aspects théoriques et méthodologiques. In M. Van Der Linder et M. Hupet (Eds.). *Le vieillissement cognitif*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Janke, M.K. (1991). Accidents, mileage, and the exaggeration of risk. *Accident Analysis and Prevention*, 23 (2), 183-188.
- Joanette Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S., Lecours, A., & Peretz, Y. (1995). Development of an optimal neuropsychological battery for dementia. In: Del Ser, T. and Pena, J. (Eds.), *Neuropsychological and fonctionnal assessment of dementia*, Barcelona: Masson.
- Joly, P. (1995). Acuité visuelle réduite, adaptation du comportement et risque d'accident chez les conducteurs âgés. *Programme National de Recherche et de Développement en Matière de Santé (PNRDS)*.
- Joly, P. (1990). Motivations et comportements de risque de jeunes conducteurs en simulation de conduite à la lumière de la théorie de l'homéostasie du risque. Thèse de doctorat. Montréal: Université de Montréal.
- Joly, P., & Brouwer, W.H. (1998). *Problèmes de vigilance et stratégies de compensation chez les conducteurs âgés*. In M.Vallet (Eds.). Presses universitaires de Lyon.

- 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 Brookhuis, DeWard and Weikert (Eds.) *Simulators and Traffic Psychology*. HFES Europe Chapter.
- Joly, P., Joly, M-P., Desjardins, D., Messier, S., Maag, U., Ghadirian, P., & Laberge-Nadeau, C. (1993). Exposure for different license categories through a phone survey: validity and feasibility studies. *Accident analysis and Preventions*, 25 (5), 529-536.
- Jonah, B.A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 255-271.
- Keskinen, E., Ota, H., & Katila, A. (1998). Older drivers fail in intersections: Speed discrepancies between older and younger male drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 323-330.
- Kolb, B., & Whishaw, I.Q. (1995). *Fundamentals of Human Neuropsychology*. New York: Freeman Press.
- Kuhl, D.E., Metter, E.J., Riege, W.H., & Phelps, M.E. (1982). Effects of human aging on patterns of local cerebral glucose metabolism determined by the ¹⁸F fluorodeoxyglucose method. *Journal of Cerebral Blood Flow*. 2, 163-171.

- Laberge-Nadeau, C., Desjardins, D., Messier, S., Maag, U., Ekoé, J.M., & Joly, P. (1995). *Impact sur la sécurité routière des normes médicales et optométrique pour la conduite d'un véhicule routier: rapport exécutif*. (Publication CRT-95-50). Montreal: Laboratoire sur la Sécurité des transports du Centre de recherche sur les transports.
- Le Ny, F. (1989). *Science cognitive et compréhension du langage*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Lezak, M.D., LeGall, D., & Aubin, G. (1994). Evaluation des fonctions exécutives lors d'atteintes des lobes frontaux. *Revue de neuropsychologie*, 4 (3), 327-343.
- Light, L.L. ., & Burke, D.M (1993). Pattern of language and memory in old age. In Light, L.L. and Burke, D.M. (Eds.). *Language, Memory and aging*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Lunderg, C., Hakamies-Blomqvist, L, Almkvist, O., & Jahnsen, K. (1998). Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 371-377.
- Luria, A.R.(1966). *Higher Cortical Function in Man*. New York : Basic Books.
- Maag, U., Joly, P., Gagnon, R., Desjardins, D., Messier, S., & Laberge-Nadeau, C. (1997). Older drivers with vision problems. *40th Annual Proceedings*,

Association for the Advancement of Automotive Medicine. Octobre 2-9, 317-335.

Marlowe, W.B. (1992). The impact of a right prefrontal lesion on the developing brain. *Brain Cognition*, 20 (1), 205-213.

Martin, A.J., Friston, K.J., Colebatch, J.G., & Frackowiak, R.S.J. (1991). Decrease in regional cerebral blood flow with normal aging. *Journal of Cerebral Blood Flow Metabolism*, 84-689.

McCoy, G.F., Johnstone, R.A., & Duthie, R.B. (1989). Injury to the elderly in road traffic accidents. *The Journal of Trauma*, 29 (4), 494-497.

Mejia, S., Pineda, D., Alvarez, L.M., & Ardila, A. (1998). Individual differences in memory and executive function abilities during normal ageing. *International Journal of Neurosciences*, 95, 271-284.

McGwin, G., & Brown, D.B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 181-198.

Michon, J.A. (1979). *Dealing with danger*, UK 79-01. Haren : Traffic Research Centre, University of Groningen.

- Miller, D.J., & Morley, J.E. (1993). Attitude of physicians toward older drivers and driving policy. *Journal of American Geriatrics Society*, 41, 722-724.
- Mitrushina, M., Uchiyama, C., & Satz, P. (1995). Heterogeneity of cognitive profiles in normal aging: Implications for early manifestations of Alzheimers' disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17 (3), 374-382.
- Mortimer, J.A. (1990). Epidemiology of dementia: cross cultural comparisons. *Advanced in Neurology*, 51, 27-40.
- National Highway Traffic Safety Administration (1989). Proceedings, Conference on research and development needed to improve safety and mobility of older drivers, Lister Hill Conference Center, National Library of Medecine, Bethesda, Maryland.
- Nesselroade, J.R., & Labouvie, E.W. (1985). Experimental design in research on aging, in J. E. Birren et K.W. Schaie (Eds.). *Handbook of the psychology of aging*, 2nd ed., New York: Van Nostrand Reinhold.
- Norman, D.A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In Davidson, R.J., Schwarz, G.E., Shapiro, D. (Eds.). *Consciousness and Self-Regulation advances in research and theory* . vol. 4, New York, Plenum Press.

Null, C.H. and Nie, N.H. (1981) *SPSS update 79*, New York: McGraw-Hill, 13-15.

OECD. *La sécurité des personnes âgées dans la circulation routière. Rapport préparé pour l'OCDE et l'OMS*. Paris; 1985.

O'Neill, D., Neubauer, K., Boyle, M., Gerard, J., Surmon, D., & Wilcock, G.K. (1992). Dementia and driving, *Journal of the Royal Society of Medicine*, 85, 199-202.

Owsley, C. (1997). Clinical and research issues on older drivers: future directions. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*. 11. 3-7.

Owsley, C., Ball, K., Sloane, M.E., Roenker, D.L., & Bruni, J.R. (1991) Visual/Cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging*, 8 (3), 403-415.

Parasuraman, R. (1991). Attention and driving skills in aging and Alzheimer's disease. *Human Factors*, 33 (5), 539-557.

Parker D., Reason, J., Manstead, A.S.R., & Stradling, S.G. (1995). Driving errors, driving violation and accident involvement. *Ergonomics*, 38 (5), 1036-1048.

Parker, D., Robert, W., Stradling, S., & Manstead, A.S.R. (1995). Behavioral characteristics and involvement in different types of traffic accident. *Ergonomics*, 38 (5), 571-581.

- Parkin, A.J., & Java, R. (1999). Deterioration of Frontal Lobe Function in Normal aging: Influences of fluid intelligence versus perceptual speed. *Neuropsychology*, 13 (4), 539-545.
- Preusser, D.F., Williams, A.F., Ferguson, S.A., Ulmer, R.G., & Weinstein, H.B. (1998). Fatal crash risk for older drivers at intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (2), 151-159.
- Price, B.H., Daffner-Brown, K.R., Stowe, R.M., & Mesulam, M.M. (1990). The compartmental learning disabilities of early frontal lobe damage. *Brain*, 113, 1383-1393.
- Ranney, T.A. (1994). Models of driving behavior: A review of their evolution. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 733-750.
- Raz, N., Gunning-Dixon, F.M., Head, D, Dupuis, J., & Acker, J.D. (1998). Neuroanatomical correlation of cognitive aging: evidence from structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 12 (1), 95-114.
- Ratté, J. (1989). *Facteurs de personnalité sous-jacents à la prise de risque en conduite automobile*. Ph.D. thesis. Montréal, Canada: Université de Montréal.

- Ratté, J., & Bergeron, J. (1997). Psychology of young, risky and bad road drivers: Links to depression and suicide. *Caribbean Journal of Criminology and Social Psychology*, 2 (2), 146-161.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Cambell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinctions? *Ergonomics*, 33, 1315-1332.
- Reitan, R.M., & Wolfson, D. (1993). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: Theory and clinical interpretation*. Tucson, AS: Neuropsychology Press.
- Rezai, K., Andreasen, N.C., Alliger, R., Cohen, G., Swayser, V., & O'leary, S. (1993). The Neuropsychology of the prefrontal cortex. *Archives of Neurology*, 50, 636-642.
- Ryan, G.A., Legge, M. & Rosman (1998). Age related changes in drives' crash risk and crash type. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 379-387.
- Sanders, A.F. (1970). Some aspects of the selective process in the functional field of view. *Ergonomics*, 13, (1) 101-117.
- Schaie, K.W., & Hertzog, C. (1985). Measurement in the psychology of adulthood and aging, in J. E. Birren et K.W. Schaie (Eds.). *Handbook of the psychology of aging*, 2nd ed., New York: Van Nostrand Reinhold.

- Schlag, B. (1993). Elderly drivers in Germany, fitness and driving behaviour. . *Accident Analysis and Prevention*, 25 (1), 47-55.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philos. Trans. R. Soc. London*. 298, 199-209.
- Shallice, T., & Burgess, P.W. (1991). Deficit in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Shinar, D., & Schieber, F. (1991). Visual requirements for safety and mobility of older drivers. *Human Factors*, 33 (5), 507-519.
- Spreen, O., & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests*. New York: Oxford University Press.
- Stamatiadis, N. (1996). Gender effect on the accident patterns of elderly drivers. *The journal of Applied Gerontology*, 15 (1), 8-22.
- Stamatiadis, N. and Deacon, J.H., (1995). Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (4), 443-459.

- Stuss, D.T. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*, 20, 8-23.
- Stuss, D.T., Alexander, M.P., Palumbo, C.L., Buckle, L., Sayer, L., & Pogue, J. (1994). Organizational strategies of patients with unilateral or bilateral frontal lobe injury in word list learning tasks. *Neuropsychology*, 8, 355-373.
- Stuss, D.T., Shallice, T., Alexander, M.P., & Picton, T.W. (1995). A Multidisciplinary approach to anterior attentional functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769, 191-211.
- Szlyk, J.P., Seiple, W., & Viana, M. (1995). Relative effects of age and compromised vision on driving performance. *Human Factors*, 37 (2), 430-436.
- Tarawneh, M.S., McCoy, P.T., Bishu, R.R., & Ballard, J.L. (1993). Transportation Research Record, Pedestrian, Bicycle, and older driver research, no. 1405, 64-71.
- Tétreault, M. (1998). *Effet de l'âge et de la perception des capacités sur les comportements des conducteurs*. Thèse de doctorat. Montréal, Canada: Université de Montréal.

- Tranel, D., Anderson, S.W., & Benton, A. (1994). Development of the concept of executive function and its relationship to the frontal lobes. In Boller, F., Grafman, J. (Eds.). *Handbook of Neuropsychology*. Amsterdam : Elsevier.
- Transportation Research Board (1988). *Transportation in an Aging Society*, 1, Washington, DC : National Research Council.
- Valdois. S. & Joannette, Y. (1991). Hétérogénéité du déclin cognitif associé au vieillissement normal. In M. Habib, Y. Joannette et M. Puel (Eds.). *Démences et syndromes démentiels. Approche neuropsychologique*. Paris : Masson.
- Verhaegern P. (1995). Liability of older drivers in collisions. *Ergonomics*, 38 (3), 499-507.
- Verriest, G., Barca, L., & Dubois-Poulsen, A. (1983). The occupational visual field. 1 : Theroetical aspects. The normal functional visual field. In : Verriest, G. (Ed.) *fifth International Visual Field Symposium*. Junk, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 165-185.
- Whelihan, W.M., & DiCarlo, M.A. (1999). The driver with dementia: A role for the neuropsychologist. *Medecine and Health.*, 82 (12), 440-442.
- Whelihan W.M., & Lescher, E.L. (1985). Neuropsychological changes in frontal fonctions with aging. *Developpemental Neuropsychology*, 1, 371-380.

Wilde, G.J.S. (1982). The theory of risk homeostatis: implications for safety and health.

Risk Analysis, 2 (4), 209-225.

Wood, J.M., & Troutbeck, R. (1992). Effect of visual impairment on driving. *Human*

Factors, 36, 476-487.

Yamaguchi, T., Kanno, I., & Uemura, K. (1986). Reduction in regional cerebral

metabolic rate of oxygen during human aging. *Stroke*, 17, 1220-1228.

ANNEXES

LETTRES DE SOLLICITATION

- ❖ **Lettre de la SAAQ**
- ❖ **Lettre des chercheurs**



**SOCIÉTÉ
DE L'ASSURANCE
AUTOMOBILE
DU QUÉBEC**

Québec, le 1^{er} mai 1998

Madame,
Monsieur,

L'Université de Montréal sollicite la collaboration de la Société de l'assurance automobile du Québec dans le but de contacter un certain nombre de personnes pouvant participer à une étude en sécurité routière.

Votre nom a été tiré au hasard de nos listes de titulaires de permis de conduire. Évidemment, vous êtes libre de compléter le questionnaire ci-joint et de le retourner au chercheur.

Si vous ne remplissez pas la deuxième partie du questionnaire, votre nom restera confidentiel puisque les chercheurs n'y ont pas accès.

Nous vous encourageons vivement à participer à cette recherche. Nous sommes convaincus que votre participation contribuera, de façon modeste mais néanmoins réelle, à l'amélioration de la sécurité routière au Québec.

Veuillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

Le chef du service des études et
des stratégies en sécurité routière,

Claude Dussault

p.j.



Université de Montréal, le 10 avril 1998

Étude sur la conduite automobile

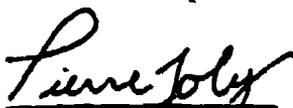
Des études révèlent qu'une grande majorité de conducteurs âgés de 65 ans et plus considèrent la conduite automobile comme une activité très importante pour vaquer à leurs occupations quotidiennes et maintenir leur indépendance. Il nous apparaît donc très important de connaître les besoins et les difficultés des personnes âgées en matière de conduite automobile afin de favoriser leur usage d'un véhicule. Pour ce faire, vous êtes cordialement invité à participer à une recherche portant sur ce sujet.

Une **PREMIÈRE PARTIE** de la recherche consiste à répondre au questionnaire ci-joint et à nous le retourner dans l'enveloppe pré-affranchie.

Si vous désirez participer à la **DEUXIÈME PARTIE** de la recherche, il est nécessaire d'inscrire votre nom, adresse et numéro de téléphone sur la dernière page du questionnaire. Cette partie peut être réalisée à votre domicile ou à l'Université de Montréal. Celle-ci consiste à évaluer à l'aide de différentes tâches expérimentales plusieurs mécanismes que l'on croit impliqués dans la conduite automobile. Votre collaboration est très importante car elle permettra d'augmenter nos connaissances sur les processus qui agissent dans la conduite automobile. De plus, vous contribuerez à la recherche et à l'obtention du doctorat d'une étudiante de l'Université de Montréal, **Madame Geneviève Daigneault**.

Il faut préciser que le but de cette étude n'est pas d'évaluer vos capacités personnelles, mais celles d'un ensemble de conducteurs de 65 ans et plus. En fait, vos résultats personnels ne seront communiqués à aucun individu ou organisme (incluant la Société de l'Assurance Automobile du Québec) sauf à vous-même si cela vous intéresse. Vous êtes donc assuré de la plus grande confidentialité. Enfin, vous pourrez mettre fin à votre participation en tout temps.

Nous espérons fortement que vous serez des nôtres,


Pierre Joly, Ph.D.
Directeur de recherche


Geneviève Daigneault
Étudiante au doctorat
à l'Université de Montréal.

RAPPORT D'ACCIDENT DE VÉHICULES ROUTIERS

SOCIÉTÉ DE L'ASSURANCE AUTOMOBILE DU QUÉBEC



SECTION 1

1 V1

SENS DES VEHICULES AVANT L'IMPACT

2 V2

ÉTAT DE LA SURFACE

1- Séche	3- Enneigée	5- Boueuse	9- Autre*
2- Mouillée	4- Glacée	6- Huiléeuse	

TEMPS

0- Verglas	4- Neige grêle	8- Poudrene tempête de neige
1- Clair	5- Brouillard drume	9- Autre*
2- Couvert	6- Averse	
3- Plus brume	7- Vent fort	

3 V1

4 V2

MOUVEMENT DES VEHICULES

11- Circulait tout droit	21- Reculait
12- Tournaît à droite	22- Sortait Entrait dans circulation
13- Tournaît à gauche	23- Sortait Entrait dans voie rapide
14- Partait dans circulation	24- Dépassait par la gauche
15- Ravenssait ou arrêtait	25- Dépassait par la droite
16- Arrêtait dans circulation	26- Changeait de voie
17- Stationnait	27- Effectuait demi-tour
18- Stationne légèrement	28- Evitait un obstacle sur la chaussée
19- Stationne légèrement	29- En panne
20- Quittait stationnement en bordure	30- Mouvement inconnu
	99- Autre*

ÉCLAIREMENT

JOUR	NUIT
1- Claire	3- Chemin éclairé
2- Demi-obscurité	4- Chemin non éclairé

5

GENRE D'ACCIDENT

Vehicule routier Collision avec	Objet fixe	Sens collision
11- Vehicule routier	17- Lampadaire poteau utilitaire	61- Capotage
12- Pignon	18- Arbre	62- Submersion
13- Train	19- Garde-tou de sécurité	63- Feu Exposition
14- Non-motorsée	20- Plier (Pont Tunnel)	64- Quitter la chaussée
15- Animal	21- Amortisseur d'impact	99- Autre sans collision*
16- Obstacle temporaire	29- Autre*	

TYPE DE VEHICULE

41- Automobile	50- Minibus
42- Camion léger	51- Taxi
43- Camion	52- Vehicule d'urgence
44- Tracteur routier	53- Motocyclette
45- Vehicule servant au transport de matières dangereuses	54- Cycloporteur
46- Vehicule-outil	55- Vehicule de loisir
47- Vehicule d'équipement	56- Motojeep
48- Autobus	57- Bicyclette
49- Autobus scolaire	99- Autre*

V1 11

V2 12

SECTION 2

6

ENVIRONNEMENT

- Ecole
- Residentiel
- Affaires Commercial
- Industriel Manufacturier
- Rural
- Forestier
- Recreatif Parc Camping

LOCALISATION

21- Chaussée intersection	23- Terre-plein central	26- Passage à niveau	29- Accotement
22- Chaussée entre intersection	24- Centre commercial	27- Tunnel viaduc pont	99- Autre*
	25- Terrain ou chemin privé	28- Trottoir	

ASPECT DE LA CHAUSSEE

1- Plane droite	2- Plane courbe	3- En pente : droite	4- En pente : courbe
-----------------	-----------------	----------------------	----------------------

NATURE DE LA CHAUSSEE

1- Asphalte	2- Beton	3- Gravier	4- Terre	9- Autre*
-------------	----------	------------	----------	-----------

ÉTAT DE LA CHAUSSEE

1- En bon état	2- En construction	3- En réparation	4- Trou / ornière / cahot	9- Autre*
----------------	--------------------	------------------	---------------------------	-----------

7

CATEGORIE DE ROUTE

- Route numérotée
- Rue
- Chemin
- Ruelle
- Chemin forestier minier
- Terrain de stationnement
- Autre*

SIGNALISATION

11- Aucune	16- Feu d'écoliers	21- Passage à niveau (feu barrière)
12- Feu de circulation	17- Feu pour piétons	22- Signalisation d'obstacle
13- Feu rouge clignotant	18- Signal -STOP-	23- Feux clignotants d'autobus d'écoliers
14- Feu jaune clignotant	19- Signal -CEDEZ-	99- Autre*
15- Feu vert prioritaire	20- Policier Engadier Signaleur	

V1 17

V2 18

CEINTURE DE SÉCURITÉ

1- Aucune	2- Non utilisée	3- Utilisée
-----------	-----------------	-------------

VISIBILITÉ

11- Bonne	14- Remblais	18- Saleté - verglas	20- Temps
12- Réduite par:	15- Vehicule	19- Vapeur / fumée	99- Autre*
13- Arbre haie clôture	16- Phares éblouissants		
	17- Eblouissement autre que phares		

V1 19

V2 20

FONCTION

- Conducteur
- à 7- passager
- Approché au véhicule
- Piéton

ÉTAT DE LA VICTIME

- Mort
- Blessures graves
- Blessures mineures
- Aucune blessure apparente

MOUVEMENT DES PIÉTONS

11- Traversait conformément au signal	19- Sortait, avant / arrière, véhicule stationné
12- Traversait à l'encroisement du signal	20- Enfant montait / descendait, autobus d'écoliers
13- Traversait sans signal, chaussée marquée	21- Montait / descendait, escape autobus d'écoliers
14- Traversait sans signal, chaussée non marquée	22- Poussait / s'élevait sur véhicule
15- Traversait en diagonale	23- Trébuchait sur la chaussée
16- Marchait en bordure, sens de la circulation	24- Jouait sur la chaussée
17- Marchait en bordure, contraire à la circulation	25- Hors de la chaussée
18- Faixait de l'auto-stop	99- Autre*

Piéton 21

Piéton 22

VEHICULE OCCUPÉ

Numero de la partie

01 02 03 04

SEXE

M F

NUMERO D'ASSURANCE-MALADIE

05 06 07

NE RIEN INSCRIRE DANS CES CHAMPS

23
24
25

PROCÉDURES TÉLÉPHONIQUES

**Procédure uniformisée lors
du contact avec les sujets
par téléphone**

1. **S'identifier:** « Je suis étudiante en psychologie à l'Université de Montréal »

2. **Référence à la lettre:** « Il y a quelques temps, nous vous avons envoyé une lettre par l'intermédiaire de la Société de l'Assurance Automobile du Québec ».

3. **Parler de la recherche:** « Nous voulons savoir maintenant si vous êtes toujours intéressé à participer à la recherche. Nous avons actuellement un grand nombre de sujets et il nous faut construire un horraire pour toute l'été. J'aimerais donc connaître d'abord vos disponibilité et vos capacités de déplacement.

4. **Questionnaire:** Avant de vous quittez, j'aimerais que vous répondiez à quelques questions qui sont plus ou moins en lien avec le risque d'accident. Vous êtes toujours libre d'y répondre ou non.

**MERCI D'AVOIR BIEN VOULU RÉPONDRE À CES QUELQUES
QUESTIONS.**

5. **Rendez-vous:** « Nous vous rappellerons d'ici la fin de cette été afin de fixer une rencontre ».

6. **Laisser un numéro de téléphone au cas où la personne aurait des questions:**
Geneviève Daigneault: (450) 778-0402.

Contact téléphonique

Date	présent, absent, répondeur

Participation: intéressé n'est plus intéressé

Disponibilités: Jour Soir

de: à:

Exemption: _____

Recherche: Une partie de la recherche peut se faire à votre demeure, pour celle-ci, préférez-vous faire cette partie à votre domicile ou au centre de recherche (Montréal ou Laval) ?

à la maison Centre de recherche

- Une autre partie de la recherche doit être exécutée au Centre de recherche (Montréal-Laval), êtes-vous en mesure de vous déplacer pour celle-ci ?

OUI NON

Mini-questionnaire

1. Âge: _____ Date de naissance: / /

2. Portez-vous des lunettes ou des verres de contact?

O. Oui O. Non O. Parfois

> Si vous portez des lunettes, pour quel motif les portez-vous?

O. Pour la vision de loin.

O. Pour la vision de près (lunettes de lecture).

O. Pour les deux motifs: vision de près et vision de loin.

O. Pour un autre motif. Précisez: _____

3.. Avez-vous un problème de la vue impossible à corriger avec des lunettes?

O. Oui

O. Non

O. Je ne le sais pas de façon certaine

4. En tant que conducteur, combien de contraventions pour infraction au code de la route avez-vous reçues au cours des cinq dernières années (ne pas compter les contraventions en rapport avec le stationnement)?

..... contravention(s)

Pour chaque contravention, pouvez-vous indiquer en quelle année vous l'avez reçue (première colonne) et pour quelle infraction selon la police (deuxième colonne)

Année	Infraction (selon la police)
19....	
19....	
19....	
19....	
19....	
19....	
19....	
19..	
19....	
19....	

5. Avez-vous été impliqué dans un ou des accident(s) de la circulation au cours des 5 dernières années?

O. Oui O. Non

6. Pour chaque accident dans lequel vous avez été impliqué au cours des 5 dernières années, indiquez en quelle année cet accident s'est produit (première colonne), la gravité de cet accident (deuxième colonne) et à quel titre (conducteur, passager, cycliste, piéton) vous avez été impliqué (troisième colonne)

Ans	Gravité			Impliqué en tant que			
	Accident grave avec blessés	Accident grave mais seulement dommages matériels	Accident sans gravité	conducteur	passager	cycliste	piéton
19..							
19..							
19..							
19..							
19..							

7. Quelle est la distance entre votre résidence et

a) le centre commercial le plus proche? km

b) le centre-ville le plus proche? km

8. Nationalité:

9. Quel est le plus haut niveau d'éducation que vous ayez complété?

niveau primaire

ou

Nombre d'années:.....

niveau secondaire

niveau collégial

niveau universitaire

Autre Lequel?

FORMULAIRES DE CONSENTEMENT

Formulaire de consentement pour participer à un projet de recherche

Je, soussigné, _____, consens par la présente à participer au projet de recherche suivant dans les conditions décrites ci-dessous.

TITRE DU PROJET: Les fonctions impliquées dans la conduite automobile chez les personnes âgées.

OBJECTIF DU PROJET: Cette recherche a pour but de vérifier les principales fonctions en lien avec la conduite automobile chez les sujets âgés de plus de 65 ans.

NATURE DE MA PARTICIPATION:

- Dans une première étape, je passerai des tests cognitifs soit à mon domicile ou en laboratoire en compagnie de l'expérimentateur. Le temps nécessaire pour cette évaluation peut varier selon les sujets entre deux à trois heures.
- Dans une deuxième étape, j'exécuterai une tâche en laboratoire à l'Hôpital Juif de Réadaptation. Cette dernière expérimentation sera d'une durée approximative d'une heure.

INCONVÉNIENT PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION: Il n'y a aucun inconvénient personnel majeur, sinon le dérangement que cela m'occasionne et le temps que j'y mets. Toutefois, il se pourrait que je ressente un certain stress découlant de l'expérimentation.

RISQUE: Il est entendu que ma participation à ce projet de recherche ne me fait courir, sur le plan médical, aucun risque que ce soit. Il est également entendu que ma participation n'aura aucun effet sur mon droit de conduire une automobile.

INFORMATION CONCERNANT LE PROJET: L'expérimentateur devra répondre, à ma satisfaction, à toute question que je poserai à propos du projet de recherche auquel j'accepte de participer.

RETRAIT DE MA PARTICIPATION: Il est entendu que ma participation au projet de recherche décrit ci-dessus est tout à fait libre. Il est également entendu que je pourrai, à tout moment, mettre un terme à ma participation sans aucun préjudice.

CONFIDENTIALITÉ: Il est entendu que les résultats aux différents tests utilisés que j'ai accepté d'exécuter ne seront fournis à aucune personne ou aucun organisme (incluant la Société de l'Assurance Automobile du Québec), sauf à moi-même si tel est mon désir. Les données individuelles pour le projet de recherche resteront strictement confidentielles et les données concernant mon identité seront remplacées par un code d'utilisation afin d'éliminer toutes associations avec mon nom.

Je déclare avoir lu et compris les termes de la présente formule.

Signature de l'intéressé

Signature d'un témoin

Fait à _____, le _____, 19__.

Pour toutes informations complémentaires, contactez Geneviève Daigneault au 514-778-0402.

Je, soussigné (e), _____, certifie (a) avoir expliqué au signataire intéressé les termes de la présente formule, (b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard et (c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus.

Signature du responsable

Fait à _____, le _____, 19__.

**Formule d'autorisation
pour l'accès au dossier à la SAAQ**

Nous vous remercions vivement de l'intérêt que vous avez démontré pour notre recherche. Nous apprécions grandement que vous vous soyez déplacé pour venir participer à cette expérience. Soyez assuré que les informations que vous avez fournies seront tenues strictement confidentielles.

Nous avons maintenant besoin de votre autorisation personnelle, afin d'avoir accès à votre dossier de conduite routière à la Société de l'Assurance Automobile du Québec. Ces données sont essentielles à notre travail puisqu'elles serviront à valider vos réponses.

Nous vous assurons que nous serons les deux seules personnes à prendre connaissance de votre identité. Dès que nous aurons mis en correspondance les données de votre dossier et vos résultats à nos tests, nous effacerons votre nom et le remplacerons par un numéro d'identification. Nous vous assurons donc de la confidentialité dans toute publication scientifique ultérieure. Merci de votre précieuse collaboration: grâce à vous, nous pourrions améliorer nos connaissances sur les conducteurs âgés de plus de 65 ans.

Geneviève Daigneault
Étudiante au Doctorat
Département de psychologie
Université de Montréal
tel.: (514) 778-0402.

Pierre Joly, Ph.D
Directeur de recherche
Chercheurs associé
Institut de Réadaptation
de Montréal.

Par la présente, j'autorise la Société de l'Assurance Automobile du Québec à divulguer à Madame Geneviève Daigneault et Monsieur Pierre Joly, les informations contenues dans mon dossier de conduite routière (accidents, infractions, points d'inaptitude, suspension de permis, etc.), pour la période de 1992 à 1997.

Signature du conducteur

DATE

DATE DE NAISSANCE

NO. PERMIS DE CONDUIRE

TÉMOIN

QUESTIONNAIRE SUR L'EXPÉRIENCE ET LES HABITUDES DE CONDUITE

(tiré de Joly et Brouwer, 1998)

Étude 1 (n=180 sujets)

Questionnaire sur l'expérience de conduite et style de conduite

PREMIERE PARTIE de la recherche

Ce questionnaire porte sur votre expérience de conduite et sur votre comportement au volant.

Pour la plupart des questions faite une croix dans le cercle correspondant à la bonne réponse. Certaines questions comportent plusieurs parties. Dans ce cas inscrivez sur chaque rangée une croix correspondant à la réponse qui vous convient le mieux.

Pour que vos réponses soient valides, nous vous demandons de ne pas en discuter avec d'autres personnes en remplissant ce questionnaire.

Il est très important que vous répondiez à toutes les questions.

1. A quel âge avez-vous obtenu votre premier permis de conduire?

.....ans

2. Etes-vous ou avez-vous déjà été propriétaire d'une automobile?

O. Oui

O. Non

>Si 'Oui': à quel âge avez-vous eu votre première auto?

..... ans

3. Conduisez-vous encore une auto (que vous en soyez ou non propriétaire)?

O. Oui

O. Non >Si 'Non': Quand avez-vous arrêté de conduire? 19....

Pour quelle raison?

.....

4. En général, à quelle fréquence conduisez-vous une auto?

(Si vous avez cessé de conduire, répondez en vous basant sur vos habitudes de conduite durant la dernière année où vous avez conduit)

O. Tous les jours ou presque

O. Une à deux fois par semaine

O. Une à deux fois par mois

O. Moins d'une fois par mois

5. A quelle fréquence conduisez-vous la nuit?

(Si vous avez cessé de conduire, répondez en vous basant sur vos habitudes de conduite durant la dernière année où vous avez conduit)

- O. Tous les jours ou presque
- O. Une à deux fois par semaine
- O. Une à deux fois par mois
- O. Moins d'une fois par mois

6. A quelle fréquence roulez-vous sur les types de route suivants?

(Si vous avez cessé de conduire, répondez en vous basant sur vos habitudes de conduite durant la dernière année où vous avez conduit)

	Tous les jours ou presque	1 à 2 fois par semaine	1 à 2 fois par mois	Moins d'une fois par mois	ja- mais
En ville					
Sur des routes de campagne					
Sur des autoroutes urbaines					
Sur des autoroutes, en dehors de la ville					

7. Combien de kilomètres avez-vous parcourus (comme conducteur) en 1997?

- O. Ne s'applique pas (Nsp) car je ne conduisais plus
- O. Moins de 5 000 km
- O. Entre 5 000 et 9 999 km
- O. Entre 10 000 et 19 999 km
- O. 20 000 km ou plus

8. Quand vous voulez aller quelque part, à quelle fréquence évitez-vous les situations suivantes (lorsqu'elles se présentent)?

(Si vous avez cessé de conduire, répondez en vous basant sur vos habitudes de conduite durant la dernière année où vous avez conduit)

Situation	<u>J'évite cette situation</u>				
	tou- jours	presque toujours	souvent	par- fois	ja- mais
Une intersection complexe					
Une autoroute					
Un stationnement intérieur					
Un rond-point					
Un virage à gauche à une intersection					
Un centre-ville inconnu					
Un centre-ville achalandé					
Une insertion dans une circulation rapide					
Une route de campagne					
Une circulation dense à l'heure de pointe					
Un changement de voie sur l'autoroute					
La conduite par mauvais temps					
La conduite de nuit					
La conduite avec un soleil couchant dans les yeux					
Les longues distances (v.g. plus de 150 km)					

9. A quelle vitesse roulez-vous généralement dans les situations suivantes?

(Si vous avez cessé de conduire, répondez en vous basant sur vos habitudes de conduite durant la dernière année où vous avez conduit)

	Vitesse
Dans les zones urbaines (villes)? km/h
Sur les routes de campagne? km/h
Sur les autoroutes? km/h

Participation à la DEUXIÈME PARTIE
de la recherche

S.V.P laissez-nous vos nom, adresse et numéro de téléphone¹ de sorte que nous puissions vous contacter et vous fournir des renseignements concernant cette participation (lieu, durée, but de la recherche etc.).

NOM:

ADRESSE:

.....

.....

TELEPHONE:.....

¹ Après votre visite ces informations personnelles seront remplacées par un numéro, ce qui assurera la confidentialité des données vous concernant.

**QUESTIONNAIRE AD HOC SUR LES INFORMATIONS SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES ET
LES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SUJETS**

(tiré de Joly et Brouwer, 1998)

Étude 2 (n=60 sujets)

Code d'identification: _____

Date: _____

**Questionnaire sur l'expérience de conduite,
le style de conduite et les capacités**

Instructions

Ce questionnaire porte sur votre expérience de conduite et sur votre comportement au volant. On y trouve aussi des questions sur vos capacités et vos activités en général. Ce questionnaire se divise en trois parties.

Je vais vous lire toute les questions et vous devez y répondre oralement.

1ère partie: Expérience de conduite et style de conduite

1. Pouvez-vous fournir une estimation de votre kilométrage annuel (comme conducteur) lorsque vous aviez les différents âges suivants?

(Si vous n'aviez pas de permis de conduire à un des âges indiqués ou si vous n'avez pas encore atteint un des âges mentionnés, faite une croix sous « Ne s'applique pas » dans la rangée correspondant à cet âge)

âge	Nombre de <u>km par</u> <u>année</u> à cet âge	Ne s'applique pas
20 ans km	
30 ans km	
40 ans km	
50 ans km	
60 ans km	
70 ans km	

2. Quand vous conduisez (ces temps-ci), roulez-vous à une vitesse différente de celle à laquelle vous rouliez auparavant (c.-à-d. il y a 1, 5 ou 10 ans)?

	Ces temps-ci, je roule (en général)			Ne s'applique pas (Nsp) car je ne conduisais pas à ce moment
	Moins vite que	aussi vite que	Plus vite que	
il y a 1 an	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
il y a 5 ans	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
il y a 10 ans	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Si vous roulez maintenant plus vite ou moins vite qu'avant, dans quelles circonstances (v.g. sur l'autoroute, dans les zones urbaines) cela se produit-il et pour quelles raisons?

.....

2e partie: Capacités (en tant qu'automobiliste)

4. Indiquer à quelle fréquence vous ressentez les difficultés suivantes (même avec vos verres correcteurs) quand la situation correspondante se présente (« Nsp » signifie « Ne s'applique pas » ou « Ne sait pas »)

(Si vous avez cessé de conduire, répondez en vous basant sur vos habitudes de conduite durant la dernière année où vous avez conduit)

Difficultés	toujours	presque toujours	parfois	rarement	jamais	Nsp
	Je trouve difficile de conduire quand je subis l'éblouissement des phares de véhicules venant en sens inverse					

Difficultés	toujours	presque toujours	parfois	rarement	jamais	Nsp
Je trouve difficile de lire à temps le nom d'une rue sur un panneau						
Je trouve difficile de conduire de nuit						
Quand je conduis j'ai de la difficulté à voir clairement les objets éloignés						
Je suis surpris par d'autres usagers de la route qui viennent à ma gauche ou à ma droite						
Je trouve difficile de juger de la vitesse des autres véhicule						
J'éprouve de la difficulté à m'insérer dans une voie à circulation rapide						
Je trouve difficile de contrôler mon véhicule quand je roule à grande vitesse dans une courbe raide						
Je trouve difficile de freiner rapidement en situation d'urgence						
Je trouve difficile de parler avec un passager quand je roule dans une ville inconnue						
Je trouve difficile de juger de la distance d'autres véhicules						
Sur une autoroute menant à une ville inconnue, je trouve difficile de trouver ma sortie en suivant les panneaux routiers						
Je trouve difficile de conduire sur une rue commerciale avec plusieurs distractions (panneaux réclame, lumières, piétons etc.)						
J'oublie ce que je viens juste de voir sur un panneau routier						
Je trouve difficile de tourner à gauche juste devant un véhicule venant en sens inverse						

5. Pour chacun des problèmes médicaux suivants, indiquez si ce problème s'applique à votre état de santé.

Problème médical	s'applique à moi?	
	Oui	Non
Inflammation musculaire/rhumatisme/ arthrite		
Diabète		
Infarctus		
Autre maladie du coeur		
Haute pression		
Glaucome		
trouble de vision des couleurs		
Dégénérescence maculaire		

Autre problème médical:

Quel est ce problème?

6. Comment décrivez-vous votre état de santé?

Excellent bon Moyen mauvais

7. Prenez-vous des médicaments qui peuvent affecter votre capacité à conduire un véhicule (par exemple, calmants, anti-dépressants, stimulants)?

Oui Non lesquels: _____

8. A quelle fréquence éprouvez-vous les difficultés suivantes (même avec vos verres correcteurs)?

Difficultés	Fréquence				
	Toujours	Presque toujours	parfois	rarement	jamais
J'ai des difficultés à voir des choses que je pouvais bien voir quand j'étais plus jeune					

Difficultés	Toujours	Presque toujours	parfois	rarement	jamais
J'ai des difficultés à entendre des choses que je pouvais bien entendre quand j'étais plus jeune					
J'ai de la difficulté à tourner ma tête à droite ou à gauche					
J'ai de la difficulté à voir dans le noir ou dans la pénombre					
Je trouve les lumières fortes pénibles à supporter					
J'éprouve de la difficulté à percevoir du coin de l'oeil les choses (véhicules, personnes etc.) qui arrivent de côté					
J'oublie ce que je viens tout juste d'entendre ou de voir					
J'oublie des choses que j'ai apprises il y a longtemps					
Je trouve difficile de faire du calcul mental					
Je trouve difficile de me concentrer quand il y a beaucoup de distractions (par exemple, lire ou faire du calcul mental quand quelqu'un écoute la télévision)					
Je trouve difficile d'accorder de l'attention à deux choses en même temps (par exemple, jouer aux cartes ou regarder la télévision pendant que je parle avec quelqu'un)					
Je me fatigue rapidement quand je fais quelque chose qui exige de l'attention (écouter la radio, lire etc.)					
J'ai de la difficulté à bouger mes bras ou mes mains					
J'ai de la difficulté à bouger mes jambes ou mes pieds					

9. Au cours des dernières années avez-vous eu une maladie ou un problème qui a modifié vos activités courantes (par exemple, votre travail, vos déplacements, vos loisirs, vos sorties)?

O. Oui O. Non

>Si 'Oui': quel problème ou maladie?

Quand avez-vous eu ce problème ou cette maladie? 19....

Comment cela a-t-il modifié vos activités?

.....

.....

Avez-vous encore ce problème? O. Oui O. Non

3e partie: Questions générales

10. Quel est approximativement votre revenu FAMILIAL brut annuel?

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Moins de \$20 000 | <input type="radio"/> Entre \$20 000 et \$29 999 |
| <input type="radio"/> Entre \$30 000 et \$39 999 | <input type="radio"/> Entre \$40 000 et \$54 999 |
| <input type="radio"/> Entre \$55 000 et \$69 999 | <input type="radio"/> \$70 000 ou plus |

11. Quel est votre statut matrimonial?

- Marié Célibataire séparé/divorcé veuf/veuve

> **Si célibataire, séparé/divorcé ou veuf/veuve:**

vivez-vous avec un(e) conjoint(e)? Oui Non

12. Quelle est votre situation actuelle pour ce qui est du logement?

- Je vis de façon autonome dans une maison ou un logement (seul ou avec d'autres personnes)
- J'habite chez des amis ou des parents
- Je vis dans un centre d'hébergement
- Autre. Laquelle?

QUESTIONNAIRE ACR

(Bergeron et Joly, 1987, version-E)

Étude 2 (n=60 sujets)

Code d'identification: _____

Date: _____

Questionnaire ACR(version E)
(par Jacques Bergeron et Pierre Joly, Université de Montréal)

Ce questionnaire porte sur vos sentiments, vos habitudes et vos opinions en rapport avec différentes situations de conduite automobile. En répondant aux questions suivantes, pensez aux gestes que vous posez habituellement dans des circonstances semblables à celles qui sont décrites.

Pour chaque question, encerclez le chiffre qui correspond le mieux à votre opinion.

1^{er} comportement considéré: dépassé d'autres véhicules

A) Dépasser d'autres véhicules, je trouve cela :

1	2	3	4	5	6	7	8
extrêmement	très	moyennement	un peu	un peu	moyennement	très	extrêmement
désagréable	désagréable	désagréable	désagréable	agréable	agréable	agréable	agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai dépassé d'autres véhicules :

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

CC) Il arrive que certains véhicules roulent si lentement que je suis forcé(e) de les dépasser:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite, dépasser d'autres véhicules est :

1	2	3	4	5	6	7
extrêmement	très	plutôt	ni facile	plutôt	très	extrêmement
facile	facile	facile	ni difficile	difficile	difficile	difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge dépassent d'autres véhicules:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je dépasserai d'autres véhicules:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

2^e comportement considéré : traverser une intersection sur le feu jaune

A) Traverser une intersection sur le feu jaune, je trouve cela :

1	2	3	4	5	6	7	8
extrêmement désagréable	très désagréable	moyennement désagréable	un peu désagréable	un peu agréable	moyennement agréable	très agréable	extrêmement agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai traversé une intersection sur le feu jaune :

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

CC) Il m'arrive d'être si proche de l'intersection au moment où le feu passe du vert au jaune que je suis forcé(e) de traverser sur le feu jaune:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite , traverser une intersection sur le feu jaune est :

1	2	3	4	5	6	7
extrêmement facile	très facile	plutôt facile	ni facile ni difficile	plutôt difficile	très difficile	extrêmement difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge traversent une intersection sur le feu jaune:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je traverserai une intersection sur le feu jaune:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

3^e comportement considéré: conduire à très grande vitesse

A) Conduire à très grande vitesse, je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit à très grande vitesse :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

4^e comportement considéré : conduire la nuit

A) Conduire la nuit , je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit la nuit :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

CA) À cause de mes occupations ou de mes activités, il m'arrive d' être forcé(e) de conduire la nuit:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite , conduire la nuit est :

1 2 3 4 5 6 7
extrêmement très plutôt ni facile plutôt très extrêmement
facile facile facile ni difficile difficile difficile difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge conduisent la nuit:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je conduirai la nuit:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

5^e comportement considéré: prendre les virages
à grande vitesse sur une route rurale

A) Prendre les virages à grande vitesse sur une route rurale, je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai pris les virages à grande vitesse sur une route rurale :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

6^e comportement considéré: conduire dans un état de grande fatigue

A) Conduire dans un état de grande fatigue, je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit dans un état de grande fatigue :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

CA) À cause de mes occupations ou de mes activités, il m'arrive d'être forcé(e) de conduire dans un état de grande fatigue:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite, conduire dans un état de grande fatigue est :

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____
extrêmement très plutôt ni plutôt très extrêmement
facile facile facile ni difficile difficile difficile difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge conduisent dans un état de grande fatigue:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je conduirai dans un état de grande fatigue :

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

7^e comportement considéré: lorsque le feu passe au vert, essayer de démarrer plus vite qu'un autre conducteur

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai essayé de démarrer plus vite qu'un autre conducteur :

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

8^e comportement considéré: sur un boulevard à trois voies, dépasser par la voie de droite pour ensuite revenir sur la voie du centre

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai dépassé par la voie de droite pour ensuite revenir sur la voie du centre :

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

9 ^e comportement considéré : suivre une auto de près

A) Suivre une auto de près, je trouve cela :

1	2	3	4	5	6	7	8
extrêmement désagréable	très désagréable	moyennement désagréable	un peu désagréable	un peu agréable	moyennement agréable	très agréable	extrêmement agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai suivi une auto de près :

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

CC) À cause des manoeuvres des autres conducteurs, il m'arrive d'être forcé(e) de suivre une auto de près:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite , suivre une auto de près est :

1	2	3	4	5	6	7
extrêmement facile	très facile	plutôt facile	ni facile ni difficile	plutôt difficile	très difficile	extrêmement difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge suivent une auto de près:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je suivrai une auto de près:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

10 ^e comportement considéré: sur un boulevard à trois voies, prendre la voie de gauche pour circuler plus rapidement

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai pris la voie de gauche pour circuler plus rapidement :

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

11^e comportement considéré: prendre volontairement des risques en conduisant

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai pris volontairement des risques en conduisant:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

12^e comportement considéré : conduire après avoir pris un ou deux verres (taux d'alcool en bas de la limite légale)

A) Conduire après avoir pris un ou deux verres, je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit après avoir pris un ou deux verres:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

CA) À cause de mes occupations ou de mes activités, il m'arrive d'être forcé(e) de conduire après avoir pris un ou deux verres:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite, conduire après avoir pris un ou deux verres est:

1 2 3 4 5 6 7
extrêmement très plutôt ni plutôt très extrêmement
facile facile facile ni difficile difficile difficile difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge conduisent après avoir pris un ou deux verres:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je conduirai après avoir pris un ou deux verres:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

13^e comportement considéré : conduire à 10-20 km/h au-dessus de la limite de vitesse

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit à 10-20 km/h au-dessus de la limite de vitesse :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

14^e comportement considéré: conduire plusieurs heures sans arrêter pour se détendre

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit plusieurs heures sans arrêter pour me détendre :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

15^e comportement considéré: conduire malgré des conditions atmosphériques défavorables

A) Conduire malgré des conditions atmosphériques défavorables , je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai conduit malgré des conditions atmosphériques défavorables :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

CA) À cause de mes occupations ou de mes activités, il m'arrive d'être forcé(e) de conduire malgré des conditions atmosphériques défavorables:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

H) Étant donné mes habiletés de conduite , conduire malgré des conditions atmosphériques défavorables est:

1 2 3 4 5 6 7
extrêmement très plutôt ni facile plutôt très extrêmement
facile facile facile ni difficile difficile difficile difficile

N) D'après ce que j'observe, les gens de mon âge conduisent malgré des conditions atmosphériques défavorables:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

I) Au cours de la prochaine année, quand l'occasion se présentera, je conduirai malgré des conditions atmosphériques défavorables:

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

16^e comportement considéré: monter dans un véhicule dont le conducteur ou la conductrice a pris trois consommations (bière, vin ou spiritueux) au cours des deux dernières heures

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, je suis monté dans un véhicule dont le conducteur ou la conductrice avait pris trois consommations au cours des deux dernières heures :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

17^e comportement considéré: à un signal d'arrêt (stop), se contenter de ralentir sans arrêter complètement

F) Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, je me suis contenté(e) de ralentir sans arrêter complètement :

1 2 3 4 5 6 7
jamais très rarement rarement parfois souvent très souvent toujours

18^e comportement considéré: conduire à la même vitesse que d'habitude dans des conditions atmosphériques défavorables

A) Conduire à la même vitesse que d'habitude dans des conditions atmosphériques défavorables, je trouve cela :

1 2 3 4 5 6 7 8
extrêmement très moyennement un peu un peu moyennement très extrêmement
désagréable désagréable désagréable désagréable agréable agréable agréable agréable

TABLEAUX DES NOMBRES ABSOLUS

TIRÉS DU PREMIER ARTICLE

Tableau 1
Répartition des sujets selon l'âge et le sexe

a) Nombre de conducteurs selon l'âge:

Age	N	%
65-69	187 731	44,0%
70-74	131 243	30,8%
75-79	71 663	16,8%
80+	35 771	8,4%
Total	426 408	100,0%

b) Nombre de conducteurs selon le sexe:

Sexe	n	%total
Homme	272 049	63,8%
Femme	154 359	36,2%

Tableau 2
Caractéristiques des accidents (1992-1997)
des conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997

Éclairément	n	%	% corrigé *
Clairé (jour)	81 588	80,9%	81,9%
Demi-obscurité	3 446	3,4%	3,5%
Nuit (Chemin éclairé)	12 031	11,9%	12,1%
Nuit (non éclairé)	2 612	2,6%	2,6%
Non précisé	1 113	1,1%	-

Environnement	n	%	% corrigé *
Résidentiel	7 905	7,8%	28,69%
Commercial	14 965	14,8%	54,32%
Rural	4 680	4,6%	16,99%
Non précisé	71 573	71,0%	-

Mouvements	n	%
Circulait tout droit	57 046	56,6%
Tournait à droite	4 535	4,5%
Tournait à gauche	13 908	13,8%
Ralentissait ou arrêtait	4 132	4,1%
Arrêté dans la circulation	5 744	5,7%
Stationné légalement	7 963	7,9%
Reculait	7 458	7,4%

État de la surface	n	%
Sèche	59 577	59,1%
Mouillée	20 842	20,7%
Enneigée	12 022	11,9%
Glacée	6 541	6,5%

Vitesse autorisée	n	%	% corrigé *
50 km	22 170	22,0%	74,12%
70 km	3 134	3,1%	10,48%
90 km	4 605	4,6%	15,40%
non précisé	65 793	65,3%	-

Gravité	n	%
Mortel	266	0,3%
Grave	2 737	2,7%
Léger	18 711	18,6%
Matériel seulement	79 083	78,5%

Véhicules impliqués	n	%
1	9 849	9,8%
2	81 197	80,6%
3	7 566	7,5%
4	1 541	1,5%
5	401	0,4%
6 et +	237	0,2%

Visibilité	n	%	% corrigé *
Bonne	17 867	17,7%	92,8%
Véhicule	813	0,8%	4,2%
Temps	583	0,6%	3,0%
Non précisé	80 743	80,1%	-

Sexe du conducteur	n	%total
Homme	74 972	74,4%
Femme	25 816	25,6%

* Ne tenant pas compte des accidents pour lesquels la condition est non précisée

Tableau 3
Types d'infractions et points d'inaptitudes (1992-1997)
des conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997

Type d'infraction	n	%
1	13 526	10,27%
2	48 840	37,07%
3	18 500	14,04%
4	873	0,66%
5	11366	8,63%
6	18279	13,87%
7	106	0,08%
8	1482	1,12%
9	648	0,49%
10	590	0,45%
11	238	0,18%
12	674	0,51%
13	174	0,13%
14	312	0,24%
15	1	0,00%
16	76	0,06%
17	55	0,04%
19	15990	12,14%
20	16	0,01%
Total:	131 746	100,00%

Points	n	%
1	13 526	10,27%
2	65 792	49,94%
3	48 200	36,59%
4	2 032	1,54%
5	838	0,64%
6	1	0,00%
7	33	0,03%
9	1324	1,00%
Total:	131 746	100,00%

Table de correspondance des infractions commises en vertu du code de la route de la sécurité routière
1. Excès de vitesse (1-14 km/h)
2. Excès de vitesse (15-29 km/h)
3. Excès de vitesse (30-44km/h)
4. Excès de vitesse (45 km/h et plus)
5. Feu rouge
6. Panneau arrêt
7. Signal d'agent ou brigadier
8. Franchissement prohiber d'une ligne démarcation de voie
9. Autobus scolaire
10. Marche arrière prohibée
11. Vitesse ou action imprudente
12. Manquement à un devoir de conducteur
13. Dépassement prohibé par la droite
14. Dépassement prohibé sur voie réservée
15. Conduite pour un pari
16. Dépassement prohibé par la gauche
17. Omission d'arrêté à un passage à niveau
19. Omission de porter la ceinture de sécurité
20. Omission de porter le casque de sécurité

Tableau 4
Code d'impact des accidents (1997)
pour les conducteurs âgés de 65 ans et plus en 1997

a) Code d'impact en 1997

code	n	%	% corrigé*
1	251	1,5%	2,6%
2	310	1,9%	3,2%
3	2 664	16,3%	27,5%
4	930	5,7%	9,6%
5	174	1,1%	1,8%
6	222	1,4%	2,3%
7	474	2,9%	4,9%
8	251	1,5%	2,6%
9	2 848	17,4%	29,4%
10	704	4,3%	7,3%
11	106	0,6%	1,1%
12	203	1,2%	2,1%
13	29	0,2%	0,3%
14	58	0,4%	0,6%
15	203	1,2%	2,1%
16	261	1,6%	2,7%
non précisé	6 686	40,8%	-
Total:	16 374	100,0%	100,0%

b) par groupe d'âge (% corrigé*)

Code	65-69	70-74	75-79	80 et +	Tout âge*
4	9,4 %	9,50 %	9,84 %	10,3 %	7,7 %
9	29,18 %	29,93 %	30,5%	30,6%	22,0 %
16	3,19 %	2,83 %	3,14 %	2,25 %	11,0 %



88 = Autre que 15 et 16, impliquant un seul véhicule
 99 = Autres, impliquant plus d'un véhicule
 xx = Non précisé

* Ne tenant pas compte des accidents dont le code n'est pas précisé

* statistiques provenant de la SAAQ

Tableau 5
Code d'impact des accidents pour tous les conducteurs
 (toute la population des conducteurs en 1997-statistiques SAAQ)

Code d'impact	n	%	% corrigé *
1	2 140	1,3%	2,3%
2	3 073	1,8%	3,3%
3	24 624	14,6%	26,4%
4	7 216	4,3%	7,7%
5	1 251	0,7%	1,3%
6	1 593	0,9%	1,7%
7	3 411	2,0%	3,7%
8	2 753	1,6%	3,0%
9	20 524	12,2%	22,0%
10	4 496	2,7%	4,8%
11	1 261	0,7%	1,4%
12	1 842	1,1%	2,0%
13	295	0,2%	0,3%
14	398	0,2%	0,4%
15	8 149	4,8%	8,7%
16	10 218	6,1%	11,0%
Non déterminé	74 981	44,6%	*
Total:	168 225	100,0%	100,0%



88 = Autre que 15 et 16, impliquant un seul véhicule
99 = Autres, impliquant plus d'un véhicule
xx = Non précisé

* Ne tenant pas compte des accidents dont le code n'est pas précisé

Tableau 6
Nombre d'accidents pour les années 1992 à 1997
en fonction de l'âge des conducteurs (au moment de l'accident)

Age	1992	1993	1994	1995	1996	1997	total
61-64	4515	6041	4739	3068	1515	214	20092
65-69	6397	5593	5840	6195	6139	6259	36423
70-74	3026	3555	4092	4420	4505	4861	24459
75-79	1328	1697	2018	2377	2857	3191	13468
80+	375	621	871	1147	1486	1849	6349
Total:	15641	17507	17560	17207	16502	16374	100791

TABLEAUX DES MOYENNES ET ÉCART-TYPES

TIRÉS DES QUESTIONNAIRES DU DEUXIÈME ARTICLE

- ❖ Questionnaire sur l'expérience et les habitudes de conduites (Joly et Brouwer, 1998)
 - ❖ Questionnaire ACR

Tableau 7
Moyennes et écart-types pour les principales échelles
du questionnaire sur l'expérience et les habitudes de conduite (Joly et Brouwer, 1998)

Variable	Moyenne	écart-type	N
Fréquence de conduite en général (<i>Frequency of driving-general</i>) (1= tous les jours; 5 = jamais)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	11,54	3,85	90
Groupe avec accident	10,74	3,74	89
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	10,58	3,57	120
75 ans et plus	12,29	4,05	59
Fréquence de conduite de nuit (<i>Frequency of driving-at night</i>) (1= tous les jours; 5 = jamais)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	2,43	1,03	86
Groupe avec accidents	2,11	1,14	84
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	2,10	0,99	114
75 ans et plus	2,62	1,21	56
Évitements dans des situations de conduite difficile en général (<i>Avoidance of Difficult Situation -General</i>) (1= évite toujours; 5= évite jamais)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	59,04	14,37	87
Groupe avec accidents	59,20	13,99	82
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	60,77	13,89	113
75 ans et plus	55,80	14,19	56
Évitements dans des situations de conduite difficile sur le plan cognitif (<i>Avoidance of Difficult Situation -Cognitive</i>) (1= évite toujours; 5= évite jamais)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	39,81	9,64	87
Groupe avec accidents	39,94	9,28	82
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	41,07	9,14	113
75 ans et plus	37,46	9,65	56
Évitements dans des situations de conduite difficile sur le plan perceptuel (<i>Avoidance of Difficult Situation-Perceptual</i>) (1= évite toujours; 5= évite jamais)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	11,88	2,77	85
Groupe avec accidents	11,79	3,18	81
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	12,27	2,58	110
75 ans et plus	10,98	3,51	56

Tableau 7 (suite)

Variable	Moyenne	écart-type	N
Vitesse moyenne sur les zones urbaines-km/h (Speed in city zone)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	48,37	10,11	87
Groupe avec accidents	44,51	10,27	87
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	47,97	10,02	117
75 ans et plus	43,28	10,03	57
Vitesse moyenne sur les routes de campagnes-Km/h (Speed in rural zone)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	77,15	13,52	86
Groupe avec accidents	71,55	15,39	84
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	75,99	13,63	116
75 ans et plus	70,93	16,37	54
Vitesse moyenne sur les autoroutes-Km/h (Speed on highway)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	103,14	9,22	86
Groupe avec accidents	98,43	9,88	83
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	102,14	8,76	117
75 ans et plus	97,88	11,39	52

Tableau 8
Moyennes et écart-types aux échelles de l'ACR
en fonction du groupe d'âge et du nombre d'accidents d'automobile

Variable	Moyenne	écart-type	N
Échelle sur la perception du risque (<i>Risk Perception Scale</i>) (1=Extrêmement difficile, 7= Extrêmement facile)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	4,1917	0,4822	30
Groupe avec accidents	4,2179	0,7479	30
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	4,2155	0,6334	46
75 ans et plus	4,1696	0,6136	14
Échelle sur l'attitude (<i>Attitude Scale</i>) (1=Extrêmement désagréable, 8= Extrêmement agréable)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	3,1300	0,6347	30
Groupe avec accidents	2,9111	0,5622	30
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	3,0659	0,5788	46
75 ans et plus	2,8714	0,6844	14
Échelle sur la norme subjective (<i>Subjective Norm Scale</i>) (Les gens de mon âge «comportement», 1=jamais; 7=toujours)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	3,5542	0,5539	30
Groupe avec accidents	3,0786	0,6033	30
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	3,3012	0,6557	46
75 ans et plus	3,3661	0,5153	14
Échelle sur la perception de contrôle (<i>Perception of Control Scale</i>) (Il m'arrive d'être forcé de «comportement», 1=jamais; 7=toujours)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	3,3556	0,3503	30
Groupe avec accidents	3,2152	0,5129	30
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	3,3387	0,4316	46
75 ans et plus	3,1101	0,4417	14
Échelle sur l'intention (<i>Intention Scale</i>) (Dans la prochaine année...«comportement», 1=jamais; 7=toujours)			
Nombre d'accidents			
Groupe sans accident	2,9000	0,5368	30
Groupe avec accidents	2,4851	0,6131	30
Groupe d'âge			
65 à 74 ans	2,7403	0,6119	46
75 ans et plus	2,5357	0,5913	14

Remerciements

Je souhaite transmettre mes remerciements à mon directeur de thèse, Monsieur Jean-Yves Frigon, PhD., pour sa présence, sa supervision et ses judicieux conseils.

Je voudrais également exprimer ma profonde reconnaissance à mon co-directeur de thèse, Monsieur Pierre Joly, PhD, pour la confiance qu'il m'a offerte, pour les précieux conseils apportés, pour la qualité de la supervision reçue et pour avoir suscité en moi le goût de la recherche scientifique.

Je dois également remercier la Société de l'Assurance Automobile du Québec, sans qui cette thèse n'aurait pu être réalisée. Ces remerciements s'adressent particulièrement à Monsieur Claude Dussault, chef du Service des Études et des Stratégies en Sécurité Routière et Madame Anne-Marie Lemire, agent de recherche, pour leur collaboration et leur disponibilité.

Je tiens de même à remercier tous les neuropsychologues cliniciens qui m'ont supervisé à l'intérieur des stages et internats pour les discussions théoriques partagées. Mes remerciements s'adressent particulièrement à Madame Suzanne Dery, Monsieur Jean Chatelois, Madame Janine Flessas, Madame Sylvie Daigneault, PhD, et Madame Christine Grou, PhD. Je veux dire un merci spécial à Madame Chantal Simard, PhD, pour ses précieux conseils et ses encouragements tant sur le plan de la recherche que sur le plan de la neuropsychologie clinique.

Je tiens également à dire un gros merci à Diana Raiwet pour la lecture des articles en anglais et les judicieux conseils et surtout, pour sa grande générosité.

Enfin, je désire remercier bien aimablement mon conjoint Nicolas Pilon, mes fils Christophe et Jacob pour leurs encouragements et leur amour qui m'ont permis de surmonter les difficultés lors de la réalisation de ce projet. J'exprime, de même, ma profonde reconnaissance à ma famille, particulièrement à ma mère, et à tous ceux qui de près ou de loin, par leur amitié, leur disponibilité et leurs conseils, ont aidé à la réalisation de ce projet.

Je désire aussi remercier le Fond pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche pour la bourse d'excellence qui me fut octroyée.

Merci à tous les membres du jury.