



HAL
open science

Les recherches sur le vieillissement et la conduite automobile : une approche pluridisciplinaire

Sylviane Lafont

► **To cite this version:**

Sylviane Lafont. Les recherches sur le vieillissement et la conduite automobile : une approche pluridisciplinaire. Santé publique et épidémiologie. Université Claude Bernard Lyon 1, 2017. tel-01701341

HAL Id: tel-01701341

<https://hal.science/tel-01701341v1>

Submitted on 5 Feb 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les recherches sur le vieillissement et la conduite
automobile : une approche pluridisciplinaire

Habilitation à diriger des recherches

N° 033-2017

Université Claude Bernard Lyon 1

Soutenue publiquement le

8 juin 2017

par

Sylviane LAFONT

Jury composé de :

Mme Sandrine Andrieu, Professeur, Université de Toulouse	Rapporteur
Mme Geneviève Chêne, Professeur, Université de Bordeaux	Rapporteur
Mr Emmanuel Lagarde, Directeur de Recherche à l'INSERM, Bordeaux	Rapporteur
Mme Colette Fabrigoule, Directeur de Recherche au CNRS, Bordeaux	Examineur
Mr Bernard Laumon, Directeur de Recherche à l'IFSTTAR, Bron	Examineur
Mme Anne-Marie Schott-Pethelaz, Professeur, Université Claude Bernard, Lyon	Présidente

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble des membres de mon jury qui a accepté de juger ma capacité à diriger des recherches.

Je remercie Geneviève Chêne d'avoir accepté la mission de rapporter ce travail. J'ai commencé à travailler à Bordeaux sur le VIH sous sa responsabilité, et déjà j'appréciais sa rigueur, sa force de travail, et sa capacité pour diriger de grands projets. Nos chemins se sont séparés, et aujourd'hui je suis heureuse et à la fois intimidée de lui faire partager mon travail.

Je remercie vivement Sandrine Andrieu d'avoir accepté d'être rapporteur de ce travail. Nous nous sommes rencontrées il y a longtemps à Bordeaux et parfois revues lors de congrès sur la maladie d'Alzheimer. J'ai beaucoup d'estime et d'intérêt pour ses travaux sur le vieillissement et je suis très heureuse de lui faire partager aujourd'hui nos travaux menés au sein de l'Ifsttar.

Je remercie Emmanuel Lagarde d'avoir également accepté de rapporter ce travail. Il le connaît en partie car notre collaboration est ancienne. Les discussions entre nous sont parfois animées, nous ne sommes pas toujours d'accord, et cela peut se terminer en pari ! Mais à ce petit jeu, sans prétention aucune, je crois me souvenir que j'ai un point d'avance. Nous nous comparons parfois à un vieux couple qui a besoin de projets nouveaux pour avancer. Je suis donc heureuse de démarrer un nouveau projet avec toi !

J'adresse des remerciements particuliers à Colette Fabrigoule qui a suivi l'ensemble de mon parcours professionnel. A Bordeaux, elle me fait découvrir la neuropsychologie avec le talent des grands chercheurs qui savent vous faire comprendre des mécanismes complexes. Elle me fait aussi découvrir l'intérêt d'associer nos disciplines avec des approches expérimentales et épidémiologiques. Je vais par la suite très souvent rechercher cette complémentarité d'approches pour mieux comprendre ce qu'il se joue derrière certains comportements humains. Elle m'a fait confiance, et fortement incitée à préparer une thèse, et aujourd'hui une HDR. Comme cela n'échappera pas au lecteur de ce document, elle incarne mon mentor, elle m'a formée à la recherche et je suis heureuse d'avoir la chance de travailler à ses côtés.

Je remercie sincèrement Bernard Laumon qui m'a aussi fait confiance, d'abord en se battant pour que j'intègre son laboratoire en 1999, et en me confiant ensuite un thème de recherche sur le vieillissement et l'insécurité routière. Lui aussi m'a fortement encouragée à préparer une thèse et je le remercie vivement. Il a apporté la dimension santé aux recherches en sécurité routière et je défends pleinement cet héritage.

Je remercie vivement Anne-Marie Schott qui a accepté de participer à ce jury. Il semble que nous ayons plus un avenir à construire ensemble qu'un passé à évoquer. Je suis très heureuse de ces perspectives.

Je remercie Laurence Paire-Ficout, qui est tout à la fois, amie et collègue. Merci de m'offrir ta fidélité, tes conseils, et tes qualités professionnelles. Nous n'avons jamais cessé de travailler ensemble, et j'espère que ça continuera. Nos journées de travail commencent et se terminent ensemble dans la

voiture, avec tant de choses à échanger qu'il n'est pas rare de nous voir continuer nos discussions près des escaliers ! Jean-Louis nous a proposé d'habiter un peu plus loin pour allonger nos temps de parcours

Je tiens à remercier Blandine Gadegbeku avec qui j'ai partagé le même bureau pendant de nombreuses années. Je ressens une entière confiance à son égard et ses conseils me sont toujours précieux. Elle fait partie des personnes avec qui j'ai le sentiment de regarder dans la même direction.

Je tiens aussi à remercier Jean-Louis Martin qui a largement contribué à ma préparation lors de mon recrutement à l'Inserm.....il y a bien longtemps. Et depuis, même s'il est très bavard, j'ai toujours beaucoup de plaisir à échanger avec lui sur des problématiques statistiques. La discussion n'est pas théorique, elle porte davantage sur le fond et le sens des associations observées, ce qui me plaît avant tout.

Je remercie tous mes collègues, en activité professionnelle ou non, avec qui j'ai partagé des moments de travail, de convivialité, et parfois de doutes. J'ai une pensée particulière pour les étudiants que j'ai encadrés et qui m'ont supportée. Merci à Amandine avec qui je travaille depuis quelques années et qui connaît bien mes qualités et défauts. Je crois avoir rencontré beaucoup de belles personnes tout au long de ma vie professionnelle, à Bordeaux comme à Lyon, et il est difficile aujourd'hui de les remercier toutes. Nous avons la chance, et je mesure mes mots, d'évoluer dans un environnement particulièrement favorable à un épanouissement.

Et bien sûr, je remercie ma famille pour son amour et son soutien. Nous avons construit ensemble un équilibre, pour moi indispensable, entre vie professionnelle et vie personnelle. Le mot final ira pour Mahaut qui est notre plus belle réussite.

Table des matières

Chapitre 1. Historique de mon parcours professionnel	6
Chapitre 2. Une meilleure connaissance du vieillissement normal et pathologique.....	8
Chapitre 3. Travaux menés sur le vieillissement et la conduite automobile	12
1. Le bilan de l'insécurité routière des conducteurs âgés.....	14
1.1 <i>Implication, mortalité et morbidité des conducteurs âgés</i>	14
1.2 <i>Les spécificités des accidents des conducteurs âgés</i>	15
1.3 <i>Le risque pour autrui</i>	16
1. La démence au cœur des préoccupations.....	18
1.1 <i>L'observation de l'activité de conduite des déments en condition expérimentale</i>	19
1.2 <i>L'observation de l'activité de conduite des déments en condition naturelle</i>	20
1.3 <i>La démence est-elle un facteur de risque d'accident ?</i>	21
1.4 <i>La probabilité d'arrêt de la conduite au cours du processus démentiel</i>	21
1.5 <i>L'accompagnement vers l'arrêt de la conduite</i>	22
1.5.1 <i>Une pré-étude chez les médecins généralistes</i>	22
1.5.2 <i>Un protocole pour les médecins généralistes</i>	23
2. Une activité de conduite adaptée	24
2.1 <i>Comprendre la régulation de la conduite</i>	25
2.2 <i>L'auto-estimation des capacités cognitives</i>	26
2.3 <i>L'auto-estimation des capacités de conduite</i>	28
2.4 <i>L'auto-estimation des capacités cognitives et la régulation de l'activité de conduite</i>	29
2.5 <i>L'auto-estimation de sa santé et la régulation de l'activité de conduite</i>	29
2.6 <i>Une problématique différente chez les hommes et les femmes</i>	30
3. Proposition de mesures.....	30
4. Activité d'encadrement sur ce thème	31
5. Conclusion	34
Chapitre 4. Autres travaux sur l'insécurité routière.....	35
1. Qualité de vie après un accident de la route	35
2. Facteurs de risque d'accident de la route au sein d'une cohorte de travailleurs.....	36
Chapitre 5. Travaux sur d'autres thèmes	39
1. Le dépistage du cancer du sein	39
2. Le sommeil des enfants.....	40
3. Le VIH.....	40
4. Les maladies professionnelles.....	41
Chapitre 6. Perspectives au sein de l'Umrestte	42
1. Le vieillissement de la population et l'insécurité routière	43
1.1 <i>L'auto-régulation de l'activité de conduite en tant que facteur de sécurité routière</i>	43
1.2 <i>Les chutes des personnes âgées</i>	44

1.3	<i>Les conséquences de l'arrêt de la conduite</i>	45
2.	La prévention tertiaire des accidents de la route	46
3.	Conclusion	47
Chapitre 7. Travaux, formation à la recherche et responsabilités scientifiques.....		49
1.	Références de mes travaux	49
1.1	<i>Articles dans des revues avec comité de lecture répertoriées dans les BDI</i>	49
1.2	<i>Articles dans des revues nationales sans comité de lecture</i>	52
1.3	<i>Conférences invitées</i>	52
1.4	<i>Communications avec actes dans un congrès international ou national</i>	53
1.5	<i>Communications orales sans acte dans un congrès international ou national</i>	54
1.6	<i>Communications par affiche dans un congrès international ou national</i>	55
1.7	<i>Ouvrages scientifiques</i>	56
1.8	<i>Thèse</i>	56
1.9	<i>Rapports de recherche</i>	56
1.10	<i>Rapports d'expertises</i>	57
1.11	<i>Diffusion des connaissances dans le milieu scientifique et technique</i>	58
2.	Activité de formation à la recherche.....	59
2.1	<i>Enseignement</i>	59
2.2	<i>Encadrement</i>	59
3.	Responsabilités scientifiques.....	60
Annexes		64
1.	Articles sur le vieillissement normal et pathologique	65
2.	Articles sur le vieillissement et l'insécurité routière	98
3.	Protocole cognitif pour les médecins.....	224
4.	Autres articles sur l'insécurité routière	241
5.	Articles sur d'autres thèmes.....	258
6.	Résumé des travaux menés sur le vieillissement et l'insécurité routière	265

Chapitre 1. Historique de mon parcours professionnel

Mon parcours professionnel commence en 1991 à Lyon dans un laboratoire d'épidémiologie de l'INSERM (U265) dirigé par Nicole Mamelle. J'effectue alors un stage de fin d'études dans le cadre d'un DESS de Statistique et Informatique Socio-économiques. J'avais pour mission de mettre en place une enquête transversale auprès d'un échantillon de femmes du département du Rhône dans le cadre de l'évaluation du programme de dépistage du cancer du sein dans ce département, ce dernier étant alors un des six départements pilotes qui expérimentaient un dépistage systématique à partir de 50 ans. A l'issue de ce stage de fin d'études, Nicole Mamelle me propose un contrat à durée déterminée de 3 ans pour travailler sur un projet portant sur le risque d'obésité des enfants en lien avec la durée du sommeil. J'étais chargée de l'évaluation d'une action éducative en milieu scolaire relative aux rythmes de vie de l'enfant.

Ces deux expériences me confortent alors dans mon choix de travailler dans le domaine de la santé publique, l'environnement de la recherche me séduit. Encouragée par mes collègues, je me présente en octobre 1993 à un concours externe de l'INSERM sur un poste d'ingénieur d'études en statistique. Reçue première à ce concours, je choisis le poste proposé au sein de l'unité d'épidémiologie à Bordeaux dirigée par le Pr Roger Salamon (INSERM U 330). Je m'implique sur les deux thèmes de recherche de l'unité, le Virus de l'Immunodéficience Humaine (VIH) et le vieillissement normal et pathologique. Sur le thème du VIH, je collabore à deux essais thérapeutiques de prophylaxie d'événements infectieux chez des patients infectés par le VIH, en France et en Afrique. Sur le thème du vieillissement, j'ai en charge la gestion des données d'une cohorte d'environ 4000 personnes âgées de 65 ans et plus en 1989 et suivies régulièrement (cohorte Paquid). Je collabore avec des chercheurs à l'analyse d'aspects spécifiques du vieillissement (biologique et fonctionnel), et plus particulièrement sur le vieillissement cognitif et les facteurs de risque de démence et de maladie d'Alzheimer. Les hypothèses de recherche développées par Colette Fabrigoule, Directrice de Recherche en neuropsychologie et co-responsable de l'équipe vieillissement, sont alors orientées sur l'existence de déficits attentionnels très précoces chez les patients qui présentent une maladie d'Alzheimer. Cette précision est importante pour la suite de mon parcours professionnel. En 1999, pour des raisons personnelles, je formule le souhait de revenir sur Lyon. Je sollicite Bernard Laumon que j'avais connu à Lyon au sein de l'unité INSERM dirigée par Nicole Mamelle. En 1999, il dirige le Laboratoire d'Epidémiologie Appliquée au Transport (LEAT) à l'INRETS. Je lui propose de travailler sur le thème du vieillissement et de la conduite automobile. La problématique du vieillissement est certes explorée à l'INRETS, mais essentiellement avec des approches expérimentales, et exclusivement dans le vieillissement normal. J'ai alors une assez bonne connaissance du vieillissement pathologique, et j'entretiens d'excellentes relations avec mes collègues de Bordeaux. Après une année de mise à disposition à l'université Claude Bernard Lyon 1 par l'INSERM, j'obtiens mon détachement à l'université dans le cadre de la création d'une Unité Mixte de Recherche entre l'INRETS et l'université Lyon 1. Il s'agit de l'UMRETTE, Unité Mixte de Recherche Epidémiologique Transport Travail Environnement, qui changera d'acronyme en 2004 pour UMRESTTE (S pour Surveillance). Je m'implique essentiellement sur le thème Transport, en maintenant une étroite collaboration avec mon ancienne unité de recherche à Bordeaux.

En 2004, soutenue par Bernard Laumon et Colette Fabrigoule, je commence une thèse à l'université Lyon 1 sur le thème du vieillissement et de la conduite automobile, en développant plusieurs approches, expérimentale, épidémiologique et clinique. Je la soutiens en 2008 et coordonne alors plusieurs études sur cette thématique. En 2010, année d'immense bonheur personnel avec la naissance de ma fille, je me présente également à un concours de chargée de recherche 1ère classe, et je change de statut en février 2011. Les années qui suivent sont denses en projets de recherche. En 2011, nous obtenons le financement par l'ANR d'un projet de recherche sur la régulation de la conduite chez les conducteurs âgés (Projet Safe Move, 2011-2015), avec un montant d'aide proche de 1,4 M€. Le projet implique 8 partenaires, il est composé de 3 tâches, et il est porté par Claude Marin-Lamellet, directeur de recherche au Lescot. Pour la tâche qui me concerne, je suis responsable de la mise en place et l'analyse des données d'une cohorte de conducteurs âgés. Dans le même appel à projet de l'ANR (2011), je suis responsable d'une sous-tâche sur les seniors dans le projet VoieSur, projet porté par Cyril Chauvel du Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude du comportement humain (LAB). Avec 5 tâches spécifiques, le projet propose un état des lieux de la sécurité routière en France sur l'année 2012. Je participe également dans le cadre d'un PHRC national porté par Jean-Luc Novella du CHU de Reims, à l'élaboration d'un protocole d'étude sur l'évaluation des capacités de conduite automobile en situation écologique chez les sujets âgés qui présentent une maladie d'Alzheimer à un stade débutant. Enfin, c'est aussi le moment de valoriser un autre projet ANR (MG-CogCAPA, porté par Bernard Laumon et Colette Fabrigoule) dans lequel nous montrons la faisabilité d'un protocole cognitif pour les médecins généralistes, afin de détecter des troubles cognitifs pouvant perturber les capacités de conduite des conducteurs âgés. Au cours de cette période, j'encadre une thèse sur le thème de la régulation de la conduite automobile chez les hommes et les femmes âgés.

Mon manuscrit est structuré en sept chapitres. Dans le premier, je présente l'historique de mon parcours professionnel. Le second est consacré à ma participation à un certain nombre de travaux sur le vieillissement normal et pathologique à l'Inserm à Bordeaux. Le troisième chapitre, le plus significatif de mon activité de recherche, recouvre mes travaux sur les conducteurs âgés, avec un focus important sur les aspects neuropsychologiques du vieillissement et sur la démence. Le chapitre quatre est consacré à des travaux dans le domaine de l'insécurité routière et qui ne sont pas axés sur le vieillissement. Dans le chapitre cinq je présente des travaux menés sur d'autres thèmes, la plupart ayant été menés au début de mon activité professionnelle. Enfin je développe mes perspectives de recherche dans le chapitre 6.

Le septième et dernier chapitre est consacré à mon CV détaillé, avec en première partie la liste de toutes les références de mes travaux, une seconde partie sur mon activité de formation à la recherche et une dernière sur mes responsabilités scientifiques.

Je cite dans le texte du manuscrit les articles parus dans des revues à comité de lecture référencées dans des bases de données internationales.

Chapitre 2. Une meilleure connaissance du vieillissement normal et pathologique

En 1988, l'équipe Vieillissement de l'unité 330 de l'INSERM à Bordeaux met en place la première cohorte en France qui permet d'estimer l'incidence et la prévalence de la démence en France. L'objectif plus général de cette cohorte PAQUID (Quid sur les Personnes Agées), est l'étude du vieillissement cérébral et fonctionnel après 65 ans et l'identification des sujets à haut risque de détérioration physique ou intellectuelle. Dès mon arrivée à Bordeaux en 1994, je travaille sur ce thème et plus particulièrement sur le vieillissement cognitif. Je présente de façon plus détaillée les travaux sur le vieillissement cognitif car ils m'ont apporté des connaissances essentielles qui m'ont été utiles dans la suite de mon activité professionnelle à l'INRETS. Ils sont aussi le fruit d'une étroite collaboration qui continue à ce jour avec Colette Fabrigoule.

Une très grande partie de mon activité sur le vieillissement repose donc sur les données de la cohorte PAQUID constituée d'un échantillon de 3777 personnes âgées vivant à leur domicile en Gironde et Dordogne. Un recueil de données à domicile est réalisé tous les deux ans, il continue encore à ce jour. En plus du recueil sur les aspects sociodémographiques et d'autonomie fonctionnelle, une évaluation cognitive et une détection active de la démence sont mises en œuvre au cours de chaque suivi. Un diagnostic clinique de démence est objectivé par la présence d'un trouble de mémoire associé à un trouble d'une autre fonction cognitive, ayant des répercussions sur l'autonomie dans la vie quotidienne par rapport à une situation antérieure. Je suis alors responsable de la base de données, j'en assure le contrôle et la qualité, et j'interviens en qualité de statisticienne sur l'analyse d'aspects spécifiques. En 1998, je participe à la mise en place d'une nouvelle cohorte, la cohorte des 3 Cités (3C) qui prévoit un suivi de 10 000 personnes de plus de 65 ans dans trois villes de France, Bordeaux, Montpellier et Dijon. Son objectif principal est l'étude des relations entre pathologie vasculaire et détérioration cognitive. Au cours de cette période bordelaise, je collabore à la rédaction de 21 articles dans des revues scientifiques à comité de lecture, dont 1 en premier auteur, et 12 en second auteur. Les principaux résultats sont présentés dans le paragraphe qui suit.

Les travaux sur le *vieillissement biologique* montrent qu'un bas niveau de déhydroépiandrostérone (DHEA), hormone stéroïdienne naturellement présente dans l'organisme et qui décroît avec l'âge, est associé à un risque plus élevé de décès à 2 ans et 4 ans chez les hommes âgés de 65 ans et plus (pas chez les femmes) [A1], et un risque de décès encore plus élevé chez les hommes fumeurs [A15]; que le taux d'IGF-1 (insulin-like growth factor-1), hormone de croissance présente dans le sang, n'est pas corrélé au taux de DHEA, mais on observe une surmortalité à court terme chez les personnes présentant un taux élevé d'IGF-1 [A14] ; et enfin qu'un taux élevé d'orosomucoïde, paramètre d'inflammation, est associé à une surmortalité à 2, 4 et 6 ans [A18]. Certains de ces résultats ont conduit à des recommandations de surveillance de profils hormonaux particuliers à plus haut risque de décès.

En ce qui concerne les travaux sur le *vieillissement respiratoire*, la prévalence de la bronchite chronique est de 20 % chez les hommes, 8 % chez les femmes. Le sexe masculin, le tabagisme actuel ou passé, les antécédents d'asthme, certaines catégories socioprofessionnelles, et la prise de digitaliques augmentent le risque de bronchite chronique [A3].

Dans le domaine du *vieillessement fonctionnel*, j'étudie la relation entre les performances cognitives globales et la dépendance évaluée par la grille AGGIR qui est alors proposé comme outil national d'évaluation de la dépendance pour l'attribution de la Prestation Spécifique Dépendance en France. Je montre en particulier que seulement la moitié des sujets déments dans la cohorte remplissent les critères retenus pour l'attribution de la prestation [A13]. Ce travail contribue à la révision de l'algorithme d'attribution de cette prestation pour une meilleure prise en compte des pathologies neurodégénératives comme la démence.

Concernant la mise en évidence de *facteurs de risque de démence*, une consommation modérée de vin est associée à un risque moindre de développer une démence [A6]. Ces résultats sont confirmés par une analyse menée par un statisticien américain reconnu dans la discipline et qui a pris en compte le fait que l'échantillon de Paquid était un échantillon stratifié [A9]. Le fait de ne pas avoir été marié durant sa vie est aussi apparu comme un facteur de risque de survenue d'une démence, après ajustement sur de nombreux facteurs de risque mis en évidence dans la cohorte, tels que l'âge, l'éducation, la consommation de vin, l'environnement social, les activités de loisirs et la dépression [A12].

Colette Fabrigoule, neuropsychologue et responsable du volet *Vieillessement cognitif* dans Paquid, souhaitait caractériser les déficits cognitifs au début de la maladie d'Alzheimer (MA) par rapport aux déficits du vieillissement normal. Elle choisit pour cela de privilégier l'étude de l'attention et des fonctions exécutives. L'attention peut être globalement définie comme la capacité à sélectionner les informations pertinentes à la situation en cours, elle est étroitement liée à la capacité à inhiber les informations non pertinentes. Les fonctions exécutives sont globalement définies comme la capacité à gérer des situations nouvelles, en particulier par la sélection des actions pertinentes et la bonne planification de leur enchaînement. La détection systématique de la démence à tous les suivis de l'enquête Paquid permet d'estimer la prévalence de la démence en France, d'en rechercher les facteurs de risque, et de caractériser des sujets normaux en éliminant des analyses les sujets déments. Ceci est particulièrement utile dans les études cherchant à décrire les performances cognitives de sujets normaux, car les démences sont des pathologies encore peu diagnostiquées en médecine générale, et faute de précautions dans la sélection des sujets, le risque est d'inclure dans des groupes âgés normaux un certain nombre de sujets présentant une démence débutante.

Je m'implique beaucoup dans l'analyse des aspects neuropsychologiques du vieillissement, que ce soit sur les données de la cohorte Paquid ou sur le programme de recherche mené à l'Hôpital Pellegrin à Bordeaux. Ce programme également dirigé par Colette Fabrigoule concerne certes un petit nombre de sujets, mais il propose une évaluation fine de leurs fonctions cognitives avec une batterie informatisée de tests d'attention conçue et développée par Hélène Amieva dans le cadre de sa thèse. Mon investissement dépasse les aspects statistiques de la recherche car la compréhension des différents mécanismes de détérioration des fonctions cognitives est nécessaire, et Colette Fabrigoule remplit à merveille ce rôle de professeur. Je prends en charge l'ensemble des analyses statistiques de cette batterie et collabore aussi étroitement avec Hélène Amieva. Les principaux résultats des études auxquelles j'ai participé sont les suivants :

Dans les études qui caractérisent le vieillissement normal :

- Les performances de fluidité verbale des sujets normaux de la cohorte Paquid sont mesurées par deux tests, un test d'évocation lexicale verbale par catégorie (set test d'Isaacs avec 4 catégories sémantiques), et un test d'évocation lexicale phonologique (fluidité avec les lettres L et P), le premier test est supposé bénéficier de l'existence d'une mémoire sémantique plus facilement disponible par

rapport au test de fluidité par lettre. Nos résultats ont confirmé cette hypothèse, la production sur les deux premiers items sémantiques étant presque deux fois plus importante que sur les deux items phonologiques. La comparaison des z-scores dans un modèle de régression linéaire multiple montre que l'effet de l'âge est deux fois plus important sur la fluidité sémantique que sur la fluidité phonologique, et que les effets du niveau d'études et de la profession sont plus marqués pour la fluidité phonologique [A17].

- Dans le cadre de ma collaboration avec Nicolas Le Carret au cours de sa thèse, un lien entre niveau d'éducation et plasticité cognitive a été démontré. Un haut niveau d'étude et une classe socioprofessionnelle élevée pourraient promouvoir des capacités d'attention et d'abstraction plus efficaces [A22].
- Un travail sur les normes en population à sept tests cognitifs en fonction de l'âge, du sexe et du niveau d'études est réalisé, constituant ainsi une référence indispensable. Les tests concernés sont d'une part les tests du MMS, Benton, Isaac, Codes de Wechsler, et barrage de Zazzo [A29], et d'autre part le test du Trail Making A et B [A45].

Dans les études qui permettent de mieux caractériser les performances cognitives des personnes qui présentent une maladie d'Alzheimer :

- L'analyse des erreurs au barrage de Zazzo, test d'attention sélective, sur des cas incidents de maladie d'Alzheimer dans Paquid, montre que les sujets déments présentent non seulement des performances ralenties par rapport aux sujets non déments, mais ils produisent aussi plus d'erreurs. Ces résultats suggèrent un dysfonctionnement des mécanismes inhibiteurs pouvant être à l'origine du déficit d'attention sélective des patients atteints de maladie d'Alzheimer [A10].
- L'analyse des performances au test des similitudes (test d'abstraction) montre qu'une faible performance aux cinq premiers items est associée à un risque accru de démence deux ans plus tard, même après ajustement sur l'âge, le niveau d'études, le niveau cognitif global et la performance au test de fluidité verbale sémantique. Ce résultat souligne la détérioration précoce dans la phase pré-clinique de démence des capacités d'abstraction [A2].
- Un haut niveau d'étude et une classe socioprofessionnelle élevée joueraient un rôle déterminant dans la construction d'une « capacité de réserve cognitive » susceptible de retarder l'expression clinique de la maladie d'Alzheimer [A21].
- Dans le programme de recherche à l'hôpital, l'étude des déficits d'inhibition par une analyse des erreurs montre que les sujets atteints de maladie d'Alzheimer produisent significativement plus d'erreurs que les sujets normaux à la tâche d'interférence dans le test de Stroop [A28] ; que la majorité des erreurs des sujets Alzheimer dans le test de flexibilité mentale du Trail Making Test Part-B sont des erreurs directement attribuables à un défaut d'inhibition (erreurs séquentielles et erreurs de persévération) [A7] ; que les intrusions dans deux tests de mémoire verbale (test des mots de Rey et set test d'Isaacs) représentent un pourcentage de la totalité des mots évoqués plus important chez les sujets atteints de maladie d'Alzheimer que chez les sujets âgés normaux [A8] ; que le nombre de réussites pour les sujets Alzheimer diminue avec la complexité des problèmes au test de planification de la tour de Londres (adapté pour les patients Alzheimer) reflétant des déficits d'inhibition chez ces patients [A19] ; et enfin que les mécanismes d'inhibition évalués par la batterie informatisée ne sont pas uniformément touchés au début de la maladie d'Alzheimer, suggérant ainsi l'existence de déficits spécifiques d'inhibition [A20].

Cette expérience de travail sur le vieillissement m'a apporté des connaissances à la fois sur les méthodes d'analyse de données longitudinales sur des grands groupes de sujets, mais aussi sur des méthodes d'analyses de données issues de petits groupes de sujets. Ces deux approches, épidémiologique et expérimentale, sont intéressantes à mener conjointement, les hypothèses posées dans les grandes enquêtes émergeant très souvent de travaux expérimentaux. J'ai par ailleurs acquis des connaissances sur les processus cognitifs d'attention et de fonctions exécutives et sur leur perturbation dans le vieillissement normal et pathologique.

Fort de cette expérience, j'ai proposé à Bernard Laumon de travailler sur le vieillissement cognitif des conducteurs âgés, celui-ci pouvant avoir un impact significatif de santé publique en termes de majoration de l'insécurité routière. Mon activité au sein de l'Umrette a commencé avec la mise en place de l'étude SEROVIE en collaboration avec un autre laboratoire de l'Inrets (Lescot) et l'unité Inserm à Bordeaux.

Chapitre 3. Travaux menés sur le vieillissement et la conduite automobile

Mes travaux de recherche menés à l'Inrets puis à l'Ifsttar portent plus précisément sur la problématique du vieillissement et de l'activité de conduite. J'ai en effet exploré l'insécurité routière de l'ensemble des usagers âgés, essentiellement pour en dresser un bilan, et la question de l'aptitude à la conduite a très rapidement constitué le cœur de mes recherches.

En effet, le contexte est en faveur d'une part croissante des conducteurs âgés sur les routes dans les prochaines décennies, et cela en raison du vieillissement de la population en France comme dans les autres pays industrialisés. Or même si le vieillissement est hétérogène, il altère, même légèrement, les capacités sensorielles, motrices, et cognitives, qui toutes, sont essentielles à l'activité de conduite. Le défi est donc de taille : aider les conducteurs les plus âgés à garder leur mobilité sans pour autant augmenter le risque d'accident.

Certains pays en Europe et dans le monde ont répondu à cette question en mettant en place un contrôle systématique de l'aptitude à la conduite en fonction de l'âge. Mais ces procédures n'ont pas apporté la preuve de leur efficacité (Hakamies-Blomqvist, et al. 1996; OECD 2001), et la question d'un contrôle systématique en France est récurrente. Elle fait partie des pays européens qui n'ont pas de suivi spécifique des conducteurs âgés mais elle s'interroge régulièrement sur ce choix. D'autant plus que l'instauration progressive depuis 2013 du permis de conduire unique dans l'Union Européenne (directive européenne 2006/126) vient bousculer les positions de chacun. En 2033 au plus tard, tous les membres des pays de l'union disposeront de ce permis. Ce changement est important en particulier pour les pays comme la France qui, jusqu'à cette directive, délivrait un permis à vie, puisque sa validité est désormais de 15 ans (10 ou 15 ans selon le choix des états). Le renouvellement est de nature administrative sans obligation de passer un nouvel examen ou un test supplémentaire. La directive comporte toutefois des dispositions détaillées pour des conducteurs qui présenteraient des troubles cognitifs et des déficits fonctionnels sévères. Concernant les conducteurs seniors, aucune disposition spécifique n'est prévue, et chaque état est libre de sa procédure de renouvellement. En France, face à une contre-indication médicale à la conduite (arrêté de du 21 décembre 2005 modifié en décembre 2015), les médecins ont une obligation de conseil et d'information sur les capacités à conduire et sur l'impact des pathologies et prescriptions sur la conduite. Le renouvellement du nouveau permis de conduire devrait rester administratif. Le législateur s'appuie sur le fait que la plupart des conducteurs âgés sont en capacité de réguler leur activité de conduite en fonction de la baisse de leurs capacités. On peut toutefois s'interroger sur l'impact possible de ce renouvellement, même administratif, car que ce soit pour la personne concernée, l'entourage, ou le médecin, ce moment sera peut-être l'occasion d'une remise en question de l'aptitude à la conduite. On peut craindre, en particulier chez les femmes, une autocensure et un arrêt prématuré de la conduite. Il est donc essentiel de mieux connaître ce qu'on appelle l'autorégulation de l'activité de conduite, et d'étudier les impacts positifs et négatifs de l'arrêt d'une activité dont dépend grandement l'autonomie des personnes.

Lorsque j'arrive à l'Inrets, je prends connaissance de travaux menés sur les conducteurs âgés dans d'autres laboratoires de l'institut, notamment à partir des données nationales d'accidents corporels des forces de l'ordre (BAAC exploitées par le laboratoire DERA), ainsi que des travaux expérimentaux sur l'activité de conduite menés par les laboratoires LESCOT, LPC, et MA. Au sein de ma nouvelle unité (Umrestte), j'ai à ma disposition ces mêmes données nationales d'accidents corporels depuis 1996 issues des forces de l'ordre, mais aussi les données du Registre des Victimes d'accident corporel dans le département du Rhône, avec une description des lésions et de leur gravité unique en France et en Europe. Je commence par étudier l'accidentalité des conducteurs âgés afin de déterminer leur contribution dans le bilan de l'insécurité routière, puis leur vulnérabilité, et enfin je développe un aspect de l'accidentalité des conducteurs âgés jusque-là peu exploré, la mesure du risque pour autrui. Ce dernier fait appel à la notion de responsabilité dans l'accident et il requiert un indicateur pertinent pour mesurer ce risque.

Parallèlement à ces travaux sur l'accidentalité, je m'intéresse naturellement à la recherche de facteurs de risque d'accident chez les conducteurs âgés. Il paraissait comme une évidence qu'une pathologie comme la démence allait constituer un facteur de risque d'accident majeur. Or la littérature est controversée, quelques auteurs ne mettent pas en évidence de sur-risque d'accident dans cette population. De la même façon, le déficit visuel pouvait être attendu comme un facteur de risque important chez les conducteurs âgés, mais finalement peu d'études montrent une association significative. En revanche, un très fort taux d'arrêt de la conduite chez les personnes qui présentent un déficit visuel est observé. Ce type de déficit semble donc suffisamment bien pris en compte par les personnes pour ne pas constituer un facteur de risque d'accident. La compréhension des facteurs de risque d'accident se heurte donc à la prise en compte d'un autre événement qui est la diminution de l'exposition au risque en vieillissant. Avec l'avancée en âge, les personnes réduisent progressivement leur activité de conduite jusqu'à l'arrêt complet, ou alors elles cessent brutalement de conduire suite à un événement, de santé le plus souvent. Mes travaux vont donc s'orienter très vite vers la compréhension des facteurs qui contribuent à cette diminution de l'exposition au risque d'accident, mais qui peut exposer à nouveaux risques tels que la perte de mobilité, d'autonomie, de lien social, et de dépression.

Nous l'avons souligné précédemment, le vieillissement est hétérogène. Au plan cognitif, plusieurs fonctions et processus sont fréquemment touchés : les fonctions sensorielles, la vitesse de traitement des informations, le fonctionnement de la mémoire de travail¹, les capacités attentionnelles et de fonctions exécutives et les processus d'inhibition (Park 1999). Un dysfonctionnement de ces derniers a pour conséquence le maintien d'informations non pertinentes en mémoire de travail, informations qui proviennent de traitements antérieurs et qui n'ont pas été supprimées (Hasher and Zacks 1988). Or les capacités attentionnelles et les fonctions exécutives sont au cœur de l'activité de conduite automobile.

L'attention sélective doit pouvoir être engagée et désengagée, afin que le conducteur assure une continuité dans la gestion de l'environnement, de la situation du véhicule et de son propre état interne (Parasuraman and Nestor 1991). Le conducteur doit focaliser son attention sur des informations pertinentes en inhibant les informations non pertinentes, et la réorienter sur d'autres sources d'informations pertinentes l'instant d'après, permettant la flexibilité. L'attention doit aussi

¹ Unité de stockage à capacité limitée, destinée au maintien temporaire et à la manipulation de l'information pendant la réalisation d'une série de tâches cognitives de compréhension, de raisonnement, ou d'apprentissage.

être partagée ou divisée entre les différentes tâches à accomplir. Tout conducteur, même expérimenté, doit en effet coordonner efficacement plusieurs tâches simultanément. Une notion importante pour définir l'attention est celle de ressources cognitives. Ces dernières impliquent l'état d'alerte et de vigilance qui dépend de facteurs tels que les rythmes veille/sommeil. Ainsi les situations de conduite monotones, en induisant une baisse de vigilance, peuvent diminuer la capacité à réagir en cas d'événement. Inversement, des situations de circulation difficiles peuvent nécessiter beaucoup de ressources cognitives et donc une attention soutenue sur une durée prolongée, générant ainsi une fatigue cognitive.

On retrouve l'importance des processus d'inhibition dans le bon fonctionnement des fonctions exécutives, dédiées au passage à l'action. Les processus d'inhibition permettent de sélectionner les actions et ainsi protéger l'action pertinente et changer d'actions.

Deux types de processus sont impliqués dans l'activité de conduite, des processus contrôlés qui impliquent un coût cognitif important, et des processus automatiques qui résultent d'un apprentissage de schémas d'actions. Dans les processus automatiques, on classe les différentes actions qui permettent de gérer correctement l'activité dans des situations de conduite routinière (embrayage, passage de vitesse, freinage par exemple). Dans les processus contrôlés, on retrouve la prise d'information dans l'environnement, la prise de décision, le dépassement ou encore la gestion d'un imprévu, qui vont nécessiter plus de ressources cognitives pour les effectuer. De bonnes capacités attentionnelles et d'inhibition sont alors requises pour assurer une conduite sécuritaire.

Ainsi l'inhibition, composante essentielle des processus contrôlés, est à la fois légèrement altérée dans le vieillissement normal et fortement impliquée dans la conduite automobile. Des mécanismes inhibiteurs déficients entraînent une réduction de l'attention sélective, permettant l'intrusion en mémoire de travail d'un grand nombre d'informations non pertinentes pour la réalisation de la tâche de conduite dont l'une des conséquences est un allongement du temps de traitement de l'information. Or certaines manœuvres de conduite sont plus soumises à une contrainte temporelle que d'autres, entraînant plus de difficultés pour les conducteurs âgés par rapport à des conducteurs plus jeunes. Cela peut expliquer les résultats d'études portant sur les caractéristiques des accidents des conducteurs âgés. Celles-ci montrent que les conducteurs âgés sont plus souvent impliqués dans les intersections et les situations de trafic complexes (Cooper 1990; Fontaine and Gourlet 1991) et rarement impliqués dans des infractions liées à la vitesse ou à des états alcooliques (Laumon, et al. 2005). Face à ce tableau plutôt inquiétant quant aux perturbations liées au vieillissement, le bilan des conducteurs âgés est-il plus grave que celui des conducteurs plus jeunes ?

1. Le bilan de l'insécurité routière des conducteurs âgés

1.1 Implication, mortalité et morbidité des conducteurs âgés

Les conducteurs âgés ont-ils plus d'accidents que les conducteurs plus jeunes ? Leurs accidents sont-ils plus graves ? Les blessures des conducteurs âgés présentent-elles des spécificités dans leur gravité, leur localisation ou encore leurs conséquences à long terme ? J'explore donc le facteur âge dans les trois dimensions de l'insécurité routière, l'âge comme facteur de risque d'accident (dimension primaire), l'âge comme facteur qui fait qu'un traumatisme se transforme en blessure (dimension secondaire), et enfin l'âge comme facteur qui contribue à ce que des blessures

entraînent des conséquences préjudiciables au devenir de l'individu, voire son décès. Mon analyse des données des BAAC et du Registre du Rhône me permet d'établir le bilan le suivant :

- Plus on se rapproche de la population réellement exposée au risque routier, plus *l'incidence d'implication dans un accident corporel* augmente chez les conducteurs les plus âgés, sans toutefois jamais atteindre les taux des plus jeunes (primaire).
- Malgré une incidence en population qui augmente un peu dans la tranche d'âge 75-84 ans, la *mortalité* reste plus élevée chez les jeunes conducteurs ; en revanche lorsque les conducteurs sont blessés, la *léthalité* est plus importante chez les plus âgés (secondaire).
- L'incidence en population des conducteurs *gravement blessés* est aussi plus faible chez les conducteurs âgés par rapport aux conducteurs plus jeunes ; en revanche, parmi les blessés non décédés, c'est chez les conducteurs âgés que la proportion de blessés graves est la plus élevée. Les blessures graves AIS3+ des conducteurs de 65 ans ou plus se situent par ordre de fréquence décroissante, dans la zone thorax/abdomen, aux membres supérieurs, dans la zone tête/face/cou, aux membres inférieurs et enfin à la colonne vertébrale. Le risque d'être gravement blessé des conducteurs âgés est plus élevé par rapport à la classe d'âge intermédiaire, toutes localisations confondues, mais aussi pour chacune des cinq régions corporelles. Le résultat le plus marquant est certainement le risque de blessures graves au thorax ou à l'abdomen qui est multiplié respectivement par 2,6 et par 4,3 chez les hommes et les femmes de 65 ans ou plus par rapport aux conducteurs de 25-64 ans de même sexe [A24] (secondaire).
- Enfin la proportion de *blessés avec une séquelle non mineure* (IIS2+) baisse avec l'âge des conducteurs dans la population générale ; chez les blessés non décédés, elle fluctue un peu mais n'augmente pas avec l'âge des conducteurs, la sélection par la mort chez les plus âgés ayant certainement contribué à éliminer les plus gravement blessés (tertiaire).

Une plus grande fragilité liée à un âge avancé semble donc expliquer au moins partiellement des taux de décès ou de blessures graves plus élevés par rapport à des impliqués plus jeunes.

1.2 Les spécificités des accidents des conducteurs âgés

Existe-t-il des particularités dans les accidents des conducteurs âgés pouvant suggérer un problème spécifique lié à l'âge ? C'est dans le projet DACOTA (2004-2009), Défauts d'Attention et CONduiTe Automobile, initiative du PREDIT Go4 " Technologies pour la sécurité » ", que j'ai commencé à décrire les spécificités des accidents des conducteurs âgés. Ma contribution dans ce projet était en effet de mieux renseigner l'accidentalité des conducteurs âgés dans les intersections et notamment dans les manœuvres de tourne à gauche, connues pour être coûteuses en ressources cognitives et donc plus difficiles pour eux. Dans un premier temps, je classe la manœuvre principale dans laquelle se trouvait chaque véhicule avant l'accident mortel (sources BAAC) en fonction de l'effort cognitif que requiert la manœuvre, faible, moyen, ou élevé. Les taux d'augmentation entre les conducteurs les plus jeunes et les conducteurs les plus âgés varient fortement selon le coût cognitif de la manœuvre, les taux d'augmentation les plus élevés sont observés dans les Tourne à Gauche, et en traversée de chaussée bidirectionnelle [A47]. Ces résultats sont totalement en adéquation avec les caractéristiques du vieillissement décrites précédemment à savoir que les situations exigeantes au plan cognitif peuvent poser des problèmes aux conducteurs âgés.

Actuellement, j'encadre un travail sur les caractéristiques des accidents corporels en France grâce aux données du projet VOIESUR (ANR 2011-2015). Son originalité tient à la disponibilité dans cette

étude d'une information sur le type de défaillance du conducteur. Celle-ci est classée en 6 catégories principales : les défauts de détection, de diagnostic, de pronostic, de décision, d'exécution, et enfin les défaillances globales qui couvrent en particulier la consommation d'alcool. Les défaillances décrites selon les différentes configurations d'accident permettent en particulier de conforter certains des résultats observés sur de petites séries dans des études expérimentales. Surtout, elles caractérisent les accidents de tous les conducteurs, jeunes et moins jeunes.

1.3 Le risque pour autrui

Je l'ai évoqué précédemment, la question d'un contrôle de l'aptitude à la conduite des conducteurs âgés est posée régulièrement, et elle fait suite très souvent à la médiatisation d'un accident mortel impliquant un conducteur senior. Mais derrière ce questionnement se profile très clairement la question légitime d'une possible plus grande dangerosité des conducteurs âgés vis-à-vis des autres usagers. Sur cette question, les travaux de la littérature montrent des résultats controversés mais plutôt défavorables aux conducteurs âgés. Les auteurs comparent les taux de décès des autres usagers rapportés à des kilomètres conduits par les conducteurs en fonction de leur âge (Braver and Trempe 2004; Dellinger, et al. 2004; Dulisse 1997; Evans 2000). Ils quantifient ainsi le risque d'être impliqué dans un accident mortel dès lors qu'un conducteur conduit un kilomètre. D'un point de vue accidentologique, ce risque est intéressant, mais cette approche l'est moins dans le cas d'une population vieillissante dont les besoins de mobilité sont moindres, et pour qui la réduction des kilomètres conduits représente une des stratégies d'adaptation aux effets du vieillissement, stratégie spontanément mise en place par la très grande majorité des conducteurs âgés (Ball, et al. 1998). Par ailleurs quantifier le risque pour autrui par un taux de mortalité au kilomètre conduit ne prend pas en compte l'âge des impliqués dans l'accident, et donc leur propre vulnérabilité à la mort.

Pour prendre en compte cette vulnérabilité à la mort de chacun, vulnérabilité qui a aussi un effet sur l'issue de l'accident, on peut prendre en considération l'espérance de vie de chaque personne au moment de l'accident. À partir de cette espérance de vie ajustée sur l'âge, il est possible de calculer des taux d'années de vie disponibles et des taux d'années de vie perdues. La notion d'années de vie perdues a été introduite en 1947 aux Etats-Unis par Dempsey pour quantifier la mortalité prématurée liée à la tuberculose. Elle a ensuite été utilisée en santé publique pour caractériser les causes de décès affectant en particulier des populations jeunes, comme le suicide (Gunnell and Middleton 2003), le SIDA (Heath, et al. 1998) ou encore des blessures traumatiques (Wiebe, et al. 2006). Compte tenu de la surmortalité des jeunes adultes dans les accidents de la route, les années de vie perdues semblent particulièrement pertinentes, et de plus, elles prennent en compte la vulnérabilité des plus âgés.

Un autre point méthodologique sensible concerne la définition de la responsabilité des conducteurs. Être responsable d'un accident mortel pour un conducteur signifie avoir contribué de façon significative à sa survenue mais aussi à son issue. Cette issue de l'accident, mortelle ou non, dépend de nombreux paramètres, et en particulier de l'état de santé des impliqués. C'est ce dernier facteur qui contribue en particulier au fait que les conducteurs âgés sont plus souvent impliqués dans un accident mortel du fait de leur plus grande fragilité. Pour pallier ce biais de sélection, j'ai proposé une méthode d'attribution de la responsabilité (Equi-Contribution Method, ECM) qui ne préjuge ni des causes de l'accident, ni de son issue, mortelle ou non, puisqu'elle attribue une égale responsabilité à tous les conducteurs de véhicules motorisés impliqués dans l'accident. Je travaille alors à partir de 9 années de recueil d'accidents corporels dans les BAAC (données des forces de l'ordre). Ces travaux

montrent que les conducteurs âgés sont moins dangereux pour les autres impliqués que les conducteurs plus jeunes, et cela reste vrai vis-à-vis de chacune des catégories d'usagers : automobilistes, piétons, cyclistes, et usagers de deux-roues motorisés [A39].

La question de recherche qui rapidement se pose est celle d'une dangerosité plus grande des conducteurs âgés dans les situations particulièrement coûteuses en ressources cognitives, telles que les intersections. De nombreux travaux de la littérature montrent que les conducteurs âgés sont plus souvent impliqués dans les accidents en intersection, cette surreprésentation va-t-elle les rendre plus dangereux pour les autres ?

Cette problématique est explorée dans le projet DACOTA précédemment cité. Ma contribution est de quantifier le risque pour autrui mais cette fois-ci en fonction du type de manœuvre dans laquelle se trouvait le conducteur juste avant l'accident. Je m'appuie à nouveau sur les données nationales d'accidents pour estimer ce risque pour autrui dans quatre grandes catégories de situations de conduite : en situation sans manœuvre spécifique, en changement de voie, en conduite sur une mauvaise voie, et en traversée de voie (intersection). La même méthodologie est retenue pour la définition de la responsabilité et pour le choix de l'indicateur de risque pour autrui avec le taux d'années de vie perdues. Par rapport aux conducteurs de 25-64 ans, les conducteurs âgés de 75 ans ou plus ont un risque ajusté d'accident mortel significativement augmenté dans les quatre situations de conduite. Concernant le risque pour eux-mêmes, les risques d'implication dans un accident mortel sont plus élevés chez les conducteurs de 75+ dans les 4 situations de conduite, et le risque est multiplié par 17 en traversée de voie par rapport à une implication dans tout autre accident. **Pour le risque pour autrui**, les taux d'années de vie perdues des autres impliqués baissent significativement dans toutes les situations de conduite lorsque l'âge du conducteur augmente, y compris dans les traversées de chaussées. Les conclusions de ce travail établissent que même dans les situations qui exigent beaucoup de ressources cognitives et dans lesquelles ils sont plus en difficulté, les conducteurs âgés représentent une menace plus faible pour les autres usagers que les conducteurs plus jeunes [A47].

Aucun travail n'est exempt de critiques et limites. L'une d'entre elles portaient sur la définition de la responsabilité. J'avais alors justifié le choix d'attribuer un niveau égal de responsabilité à tous les conducteurs motorisés en m'appuyant sur l'hypothèse que les plus jeunes conducteurs étaient plus souvent à l'origine de l'accident et les conducteurs âgés plus souvent en difficulté pour éviter l'accident, et qu'en moyenne la responsabilité était équivalente. On ne peut toutefois exclure la possibilité que la méthode d'équi-contribution de la responsabilité sous-estime celle-ci chez les conducteurs âgés. L'occasion de disposer d'une nouvelle définition de la responsabilité dans le projet VOIESUR dans lequel je suis en charge des aspects vieillissement m'a permis de tester à nouveau l'hypothèse selon laquelle les conducteurs âgés sont moins dangereux que les conducteurs plus jeunes.

J'ai estimé le risque pour autrui, en m'appuyant cette fois-ci sur une responsabilité définie par des experts. L'analyse porte sur tous les accidents mortels en France de l'année 2011. Les résultats de ces travaux montrent que le niveau moyen de responsabilité des conducteurs âgés de 70 ans et plus est significativement plus élevé que celui des 30-59 ans, en particulier dans les situations où ils ne faisaient aucune manœuvre spécifique, mais ce niveau moyen de responsabilité est équivalent à celui des jeunes conducteurs. Quant au risque pour autrui, estimé dans les accidents mortels avec la responsabilité-expert, les conducteurs de 70 ans et plus contribuent moins aux années de vie perdues des autres impliqués, que les conducteurs de 30-59 ans, ou encore de moins de 30 ans. Ces résultats obtenus avec une responsabilité déterminée par des experts confirment nos précédents

travaux réalisés avec une méthode simple qui attribue un niveau de responsabilité égale à tous les conducteurs de véhicules motorisés impliqués dans l'accident. Une suite du projet VOIESUR est actuellement menée dans le cadre d'un projet financé par la DSCR (COSERA, 2015-2017). Je présenterai les objectifs de cette étude dans mes perspectives de recherche et d'encadrement.

En conclusion, ce bilan sur l'accidentalité des conducteurs âgés ne justifie pas la mise en place d'une procédure de contrôle systématique de l'aptitude à la conduite des personnes âgées, basée seulement sur un critère d'âge. Il n'en demeure pas moins que parmi les conducteurs âgés, certains présentent des troubles liés à l'âge, et plus précisément des troubles cognitifs qui sont susceptibles d'altérer l'aptitude à la conduite et augmenter le risque d'accident. Mon activité professionnelle antérieure menée à l'Inserm m'amène tout naturellement à travailler sur le déficit cognitif et la démence, en maintenant une étroite collaboration avec Colette Fabrigoule.

1. La démence au cœur des préoccupations

La démence est un syndrome ou ensemble de symptômes cliniques qui peut être la conséquence de différentes pathologies cérébrales. Son diagnostic repose sur des critères cliniques qui font l'objet d'un consensus au sein de la communauté scientifique (critères du Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder (DSM) IV (American Psychiatric Association (APA) 1994). La démence de type Alzheimer (DTA) est la forme de démence la plus fréquente (79,6 %) (Ramaroson, et al. 2003). Le syndrome démentiel caractéristique de cette maladie correspond à la présence d'un déficit mnésique associé à un déficit d'une autre fonction cognitive, entraînant des répercussions sur l'autonomie de la personne par rapport à un état antérieur. Plusieurs maladies ou événements, d'origine dégénérative, vasculaire ou traumatique, peuvent altérer le cerveau au cours du vieillissement et entraîner des troubles cognitifs et potentiellement un syndrome démentiel.

La question de l'aptitude à la conduite des déments débutants est bien sûr au cœur des préoccupations des médecins, des familles et parfois des personnes elles-mêmes. Au niveau législatif, l'arrêté du 21 décembre 2005 (modifié en décembre 2015) établit en France une liste des contre-indications médicales à la conduite pour tous les âges. Soumis au secret médical, les médecins n'ont pas à déclarer aux autorités administratives un conducteur qui présente une contre-indication médicale à la conduite, mais ils ont une obligation de conseil et d'information auprès de leurs patients. En ce qui concerne les perturbations de la sphère cognitive, « la démence documentée » fait partie des incompatibilités médicales à la conduite. Mais en l'absence de référence à un niveau de sévérité de la démence ou des déficits cognitifs, cette définition reste imprécise. En outre, les médecins ne disposent pas d'outils cognitifs validés leur permettant d'apprécier les répercussions éventuelles des troubles cognitifs sur l'aptitude à la conduite automobile. Par conséquent, si la question de l'arrêt de la conduite à un stade avancé de la démence fait peu de doute, la réponse est moins évidente dans la phase débutante de la maladie, en particulier dans la maladie d'Alzheimer dans laquelle les déficits exécutifs sont présents, mais moins prononcés que dans les autres types de démence.

1.1 L'observation de l'activité de conduite des déments en condition expérimentale

Plusieurs travaux de la littérature montrent qu'il existe une hétérogénéité dans l'aptitude à la conduite de personnes Alzheimer au début de la maladie, et que le diagnostic est insuffisant pour décider de l'arrêt (Duchek, et al. 1998; Fitten, et al. 1995). Mais à quel moment est-il raisonnable de cesser de conduire ? Mes travaux sur l'aptitude à la conduite commencent avec deux chercheurs du LESCOT, Claude Marin-Lamellet et Laurence Paire-Ficout, qui disposent dans leur laboratoire de moyens expérimentaux, et surtout d'une expertise spécifique dans ce domaine. Mon rôle dans l'analyse de l'aptitude à la conduite est de collaborer à la réflexion sur les outils d'évaluation, et d'analyser et valoriser ces données expérimentales. Toute la mise en œuvre de l'évaluation de la conduite est assurée par les chercheurs du Lescot. Nos premiers travaux sont réalisés dans le cadre de l'étude SEROVIE, étude placée sous la responsabilité scientifique de Bernard Laumon et Colette Fabrigoule. Nous souhaitons alors répondre à la question de l'aptitude à la conduite chez les personnes âgées qui présentent une détérioration cognitive. La population d'étude est constituée de 20 conducteurs présentant une démence débutante de type Alzheimer, 18 conducteurs présentant de légers troubles attentionnels, et autant de sujets contrôles appariés en âge, sexe et niveau d'études. Tous les sujets ont une évaluation de leur conduite en situation réelle et en présence d'un moniteur d'auto-école [A23]. Nous recherchons les tests cognitifs qui prédisent le mieux une conduite dangereuse. La littérature est assez abondante, chaque étude propose son ou ses tests cognitifs les plus corrélés à une performance de conduite évaluée de façon très diverse. Dans notre étude, trois indicateurs de performance de la conduite sont construits : un score de pénalités de conduite, une évaluation qualitative du moniteur d'auto-école, et un nombre d'interventions du moniteur pour sécurité sur le frein, l'accélérateur, ou le volant. Les résultats confirment tout d'abord l'hétérogénéité des performances de conduite des personnes qui présentent une démence de type Alzheimer. Même si en moyenne, leurs performances sont significativement plus dégradées que celles des sujets âgés normaux, seulement la moitié d'entre eux sont dangereux au regard d'au moins un des trois indicateurs, et deux sujets contrôles le sont aussi. Comme chacun des indicateurs de performance est associé à des tests cognitifs différents, il nous semble pertinent de construire un indicateur composite de dangerosité, prenant en compte les trois indicateurs. Cet indicateur composite est mieux prédit par un test de vitesse visuo-attentionnelle (Codes de Wechsler) que par le statut Alzheimer, suggérant l'intérêt de repérer ce type de déficit cognitif [A46]. Mais surtout ces résultats laissent penser qu'un diagnostic précoce ne doit pas être associé systématiquement à une interdiction de conduire. Une telle mesure peut non seulement aller à l'encontre de l'autonomie de patients débutants, mais elle peut certainement entraîner un effet pervers en décourageant les personnes à consulter leur médecin pour des troubles cognitifs. Néanmoins, l'état de ces patients ne pouvant que s'aggraver progressivement, il est raisonnable de conseiller un suivi rapproché de leurs capacités cognitives. Nous proposons donc une détection d'un ralentissement visuo-attentionnel avec le test des codes de Wechsler pour identifier des conducteurs dangereux. Ce test cognitif est d'autant plus intéressant dans une perspective d'utilisation en médecine générale qu'il est simple à administrer, qu'il ne met pas les personnes en échec, et surtout qu'il est détérioré à un stade pré-démontiel tout en n'étant pas spécifique de la maladie d'Alzheimer.

Un travail plus spécifique à partir de ces données est piloté par Laurence Paire-Ficout sur une tâche particulièrement complexe de la conduite, la manœuvre de tourne à gauche. L'étude inclut en plus un groupe de jeunes conducteurs afin de tester des effets de l'âge. Différents processus cognitifs sont analysés et 9 manœuvres de tourne à gauche avec ou sans instruction de navigation sont

évaluées en conduite sur route. La performance de conduite des conducteurs âgés, malades ou non, est plus altérée que les jeunes par des instructions de navigation pendant la manœuvre de tourne à gauche. Ce résultat souligne l'importance de considérer soigneusement l'utilisation des instructions de navigation lors du développement des systèmes de navigation. Une simplification de notre compréhension de l'environnement de conduite réel est nécessaire pour éviter d'augmenter la charge cognitive des conducteurs âgés [A55].

1.2 L'observation de l'activité de conduite des déments en condition naturelle

On peut considérer qu'il existe un gradient dans les outils disponibles pour évaluer l'activité de conduite, allant du moins au plus écologique. Le simulateur de conduite est un outil certes intéressant pour contrôler les conditions expérimentales, mais il est bien sûr peu écologique et questionne sur la reproductibilité des résultats obtenus en situation réelle. Les expérimentations sur route sont nombreuses et permettent en particulier de mieux connaître les processus cognitifs impliqués dans la conduite, et de fournir une évaluation de la conduite sur un même parcours. Tous les facteurs environnementaux ne sont pas contrôlés, mais on se rapproche des conditions réelles de conduite de la personne. C'est au début des années 2000 qu'apparaissent les premiers résultats issus de données recueillies au cours de l'activité de conduite en condition naturelle (naturalistic driving), c'est-à-dire que la personne est dans son propre véhicule et son activité est enregistrée pendant une période donnée. Très vite, ce type d'études suscite un intérêt, avec autant d'engouements que de critiques, les principales reposant sur l'abondance de données pour un faible nombre de conducteurs. Dans le contexte du vieillissement pathologique, l'évaluation de la conduite en situation naturelle pouvait nous apporter des informations précieuses sur les problèmes rencontrés par ces populations fragilisées dans leur environnement habituel, informations que nous ne pouvions pas obtenir avec des expérimentations sur route sur un parcours imposé et dans un véhicule expérimental. C'est ainsi que Colette Fabrigoule (CNRS) vient nous proposer, Laurence Paire-Ficout (IFSTTAR-Lescot) et moi, de participer à une recherche dans laquelle est proposée une évaluation des capacités de conduite en situation écologique de personnes qui présentent une maladie d'Alzheimer à un stade débutant. Cette étude est pilotée par Jean-Luc Novella du CHU de Reims (2011-2015) et elle bénéficie d'un financement dans le cadre d'un Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC) national. L'activité de conduite de 20 conducteurs Alzheimer débutants et 21 contrôles est évaluée dans un environnement familier en plaçant un dispositif d'enregistrement vidéo dans leur véhicule pendant un mois. Les autres informations recueillies à l'inclusion comprennent des données médicales, une évaluation fine des capacités cognitives, et des informations sur leur mobilité. Je collabore avec l'équipe Lescot au développement des outils d'analyse de l'activité de conduite. Des événements critiques regroupant les accidents, les « presque-accidents », et les incidents sont comptabilisés et différenciés selon qu'ils sont conscients ou non-conscients. Par rapport aux conducteurs non déments, les conducteurs Alzheimer ont plus de difficultés à maintenir une trajectoire stable sur la voie, à contrôler leur vitesse, à traiter des informations visuelles, et à négocier des tourne-à-gauche. Ils comptabilisent un plus grand nombre d'événements critiques, en particulier non conscients. Parallèlement, ils ne déclarent pas plus de difficultés en conduite que les non déments. De la même façon, ils n'ont pas plus changé leurs habitudes de conduite par rapport à avant. Ces résultats, en cours de publication [ASoum 1], sont en accord avec les données de la littérature qui montrent que les patients présentant une démence ce type Alzheimer ont des difficultés à évaluer leurs troubles. Ces conducteurs semblent présenter un niveau inférieur de

compensation (régulation comportementale) et une capacité inférieure à discerner des situations critiques pendant la conduite. Ces informations sont essentielles pour mieux comprendre les difficultés rencontrées par ces conducteurs à un stade débutant de la maladie. Elles permettent de cibler les besoins des patients en termes d'assistance au volant et contribuent à l'accompagnement de patients.

1.3 La démence est-elle un facteur de risque d'accident ?

Mais finalement une pathologie telle que la démence pose un problème d'insécurité routière si les personnes atteintes ne modifient pas leurs habitudes de conduite en conséquence. En 1999, j'ai l'opportunité d'insérer des questions de mobilité et d'insécurité routière dans le recueil des données de la cohorte 3C. Mise en place par plusieurs laboratoires INSERM, cette cohorte regroupe près de 10 000 personnes âgées de 65 ans et plus, résidant dans une des trois villes, Bordeaux, Montpellier et Dijon. Son objectif principal est d'étudier les liens entre les facteurs vasculaires et la démence (The 3C study Group 2003). Cette opportunité est précieuse car, même lorsque les études dans le domaine de l'accidentologie routière sont longitudinales, il est rare qu'elles disposent d'informations précises sur l'état de santé des participants, et en particulier sur les pathologies du système nerveux central. C'est le cas dans la cohorte 3C qui dispose de données de santé, d'une évaluation cognitive, et d'un diagnostic actif de la démence pour tous les participants et à tous les suivis.

Je souhaite alors savoir si les conducteurs âgés cessent de conduire en présence d'une démence ou de déficits cognitifs, et si, malgré l'arrêt fréquent de la conduite, ces facteurs constituent encore des facteurs de risque d'accident. En analysant les facteurs de risque d'accident au regard des facteurs d'arrêt de la conduite, cela permet de discuter les résultats sous l'angle de l'adaptation de la conduite. Cette dernière est-elle suffisante pour tous les facteurs de risque d'accident ? [A38]. Les résultats montrent qu'un déficit de la vision de loin, une maladie de Parkinson, une démence ou des antécédents d'accident vasculaire cérébral, contribuent fortement à l'arrêt de la conduite automobile. Cela laisse supposer que les déficits associés à ces événements de santé sont suffisamment bien perçus par le sujet ou l'entourage pour ne pas entraîner de sur-risque d'accident. Alors que la future démence, caractérisée par des déficits encore peu visibles et peu perçus par le sujet et l'entourage, est le seul facteur de santé associé à un sur-risque d'accident. Le statut de futur dément correspond, dans notre analyse, à des sujets non déments à un suivi et qui présentent un syndrome démentiel deux ans plus tard. Les déficits attentionnels et exécutifs, mesurés par le Trail Making A et B, sont associés à la fois à l'arrêt et au risque d'accident. Probablement moins bien perçus par le sujet ou l'entourage que des déficits visuels ou moteurs, de tels déficits deviennent perceptibles dans des situations de conduite très chargées au plan cognitif, ou parce qu'ils induisent une plus grande fatigue. Tous les conducteurs ne semblent donc pas prendre en compte ces déficits dans la régulation de leur conduite. Enfin l'âge, le sexe, et le niveau d'étude interfèrent à la fois avec l'arrêt de la conduite et le risque d'accident. Au final, nos travaux montrent que la démence n'est pas un facteur de risque d'accident. L'estimation des probabilités d'arrêt de la conduite au cours du processus démentiel va expliquer cette absence de relation avec le risque d'accident.

1.4 La probabilité d'arrêt de la conduite au cours du processus démentiel

Pour compléter nos connaissances sur l'activité de conduite des personnes qui présentent une démence, nous avons en effet estimé la probabilité d'arrêt de la conduite au cours du processus

démontiel, en incluant également la phase pré-démontielle. Ce travail repose sur les données de l'ensemble de la cohorte 3C, avec 7203 titulaires du permis de conduire âgés de 65 ans et plus en 2000. A l'inclusion et à chaque suivi, les participants suspectés de démence suite à l'évaluation neuropsychologique sont examinés par un comité de neurologues et gériatres qui confirment le diagnostic selon les critères du DSM IV. Au cours des 10 premières années de suivi, 512 diagnostics de démence sont posés chez ces titulaires du permis de conduire. Cette procédure permet aussi d'identifier a posteriori des « futurs déments », définis dans notre analyse comme des personnes non démentes à un suivi et qui remplissent les critères de démence deux ans et demi plus tard.

Les résultats montrent que les personnes en phase pré-démontielle cessent de conduire à un âge plus jeune que celles qui ne présentent pas de pathologie du système nerveux central, et qu'il existe un effet du sexe, les femmes cessant plus tôt que les hommes. Au moment du diagnostic, 45% des hommes et 74% des femmes avaient cessé de conduire. Aucune différence de probabilité d'arrêt entre hommes et femmes ne subsiste trois ans après le diagnostic. L'étude montre que peu de conducteurs déments conduisent après le diagnostic, et ceux qui conduisent trois ans après présentent tous une démence de type Alzheimer, démence dans laquelle les troubles des fonctions exécutives sont moins marqués que dans les autres types de démence [A54].

En conclusion de ces travaux expérimentaux et épidémiologiques, il est intéressant de détecter des troubles attentionnels et exécutifs dans les procédures d'évaluation de la conduite. De plus, la modification des habitudes de conduite semble dépendre plus de la perception qu'ont les personnes de la répercussion de leurs déficits sur leur aptitude à la conduite, que de la maladie elle-même.

Ces travaux ont permis d'identifier des outils simples pour détecter des conducteurs âgés ayant atteint un niveau de détérioration cognitive au-delà duquel le maintien de la conduite n'est plus recommandé. En France, les médecins généralistes sont au cœur des dispositifs de détection en matière de santé publique. Ils sont amenés à évaluer des personnes âgées présentant des plaintes cognitives, et à donner un conseil aux patients et à leur famille en matière d'arrêt ou non de la conduite. Nous avons donc proposé un protocole cognitif pour les médecins généralistes en réalisant tout d'abord une étude de faisabilité, puis une étude sur un grand nombre de médecins sur l'ensemble du territoire.

1.5 L'accompagnement vers l'arrêt de la conduite

1.5.1 Une pré-étude chez les médecins généralistes

Il s'agit d'étudier dans un contexte de médecine générale, la faisabilité d'une détection de troubles cognitifs, et neurosensoriels chez des conducteurs âgés de 65 ans ou plus, au moyen d'un protocole mis au point par un groupe de travail en 2005, et publié par Gonthier, Fabrigoule et Domont (Gonthier, et al. 2005). Ce protocole s'appuyait fortement sur nos travaux. Dans cette pré-étude, nous souhaitons mesurer l'acceptabilité, par le médecin et par le patient, du principe d'une visite d'évaluation de l'aptitude à la conduite automobile, et l'acceptabilité des tests proposés. Il s'agit également de valider la passation des tests cognitifs par des médecins dans l'idée que si ce dispositif devait un jour être généralisé à l'ensemble des médecins généralistes, on ne pourrait envisager une formation spécifique. C'est pourquoi il est important d'évaluer dans quelle mesure ces outils peuvent être utilisés de façon fiable à partir d'un cahier comprenant les consignes et les éléments nécessaires à la passation des tests, et cela sans formation préalable. Dans les tests retenus, il y a le Trail Making

Test A et B que nous avons montré en lien avec le risque d'accident dans la cohorte 3C. En revanche les résultats de l'observation de l'activité de conduite en condition expérimentale n'étant pas connus au moment de la mise en place de l'étude, le test des Codes de Wechsler, que nous avons montré par la suite en lien avec la dangerosité de la conduite, n'est pas testé dans cette pré-étude. Un test d'équilibre (Up and Go) est proposé de façon exploratoire, de même qu'un test de mémoire (test des 5 mots). Le score aux 4-IADL (échelle instrumentale de la vie courante), fortement associé au risque de démence (Barberger-Gateau, et al. 1993) complète le protocole.

En 2007, 26 médecins généralistes et 109 patients répartis dans trois villes, Bordeaux (responsables : JF Dartigues et C Fabrigoule), Montpellier (resp : C Jeandel) et Saint-Étienne (resp : R Gonthier et moi-même) participent à l'étude financée par le laboratoire IPSEN. Je coordonne et analyse les données de cette pré-étude. Les résultats montrent qu'un tel protocole est réalisable en médecine générale auprès de médecins qui s'intéressent à la question des conducteurs âgés. La comparaison des codages des tests, par les médecins et par une psychologue expérimentée, montre que le codage par les médecins est correct pour le Trail Making Test, il l'est beaucoup moins pour le test de mémoire (test des 5 mots de Dubois). A la suite de cette pré-étude, nous avons proposé, dans la cadre d'un appel à projet de l'ANR en 2007, d'étudier la faisabilité d'un protocole cognitif sur un plus grand nombre de participants, médecins et conducteurs âgés.

1.5.2 Un protocole pour les médecins généralistes

Ainsi, en 2008, je coordonne une étude sur quatre ans auprès 541 conducteurs âgés recrutés par 92 médecins généralistes sur tout le territoire français, étude sous la responsabilité scientifique de Bernard Laumon et Colette Fabrigoule (financement ANR). Le protocole proposé est alors recentré sur les deux tests identifiés dans nos précédents travaux en lien avec la dangerosité de la conduite [A46], ou le risque d'accident [A38]. L'étude a pour objectifs d'éprouver la faisabilité d'un protocole cognitif permettant de détecter des déficits pouvant perturber la conduite automobile, et également de voir dans le temps comment les conducteurs adaptent leurs habitudes de conduite selon qu'ils présentent ou non des déficits cognitifs. Le protocole proposé comporte les deux tests cognitifs TMT-A et B, et le test des Codes de Wechsler, l'échelle des 4 IADL, un test de l'équilibre et des questions sur la mobilité des conducteurs âgés. Avec 70 % de médecins se déclarant prêts à utiliser le protocole proposé dans leur pratique courante, l'étude démontre sa faisabilité dans un contexte de médecine générale [A50]. Le protocole cognitif est disponible sur demande et le sera très prochainement sur le site de La revue de Gériatrie.

Un autre résultat de l'étude montre que la diminution de l'activité de conduite ne dépend pas du niveau cognitif des conducteurs. Cela signifie que ceux qui présentent un niveau cognitif très bas, compte tenu de leur âge et de leur niveau d'études, ne modifient pas davantage leurs habitudes de conduite que les autres. Il est donc important que cette population particulièrement fragilisée soit accompagnée dans la prise de conscience des répercussions de leurs déficits cognitifs sur l'activité de conduite.

En synthèse, il existe un fort taux d'arrêt de la conduite dans la phase pré-démontielle, en particulier chez les femmes, mais au cours de cette période les pré-déments sont toujours plus à risque d'accident. Au stade débutant de la maladie, on note une forte hétérogénéité des performances de conduite, qui correspond aussi à l'hétérogénéité des troubles. Le taux d'arrêt est important dans les trois années qui suivent le diagnostic, avec toutefois un moindre arrêt dans la démence de type

Alzheimer. Mais quelle que soit l'étiologie de la démence, il est important de mettre en place une surveillance rapprochée de l'évolution des déficits pouvant impacter l'aptitude à la conduite. Le médecin et l'entourage ont pour cela un rôle essentiel dans l'accompagnement des patients dans le processus d'arrêt [A51, A53]. Bien sûr tout n'est pas réglé pour la démence, mais les médecins sont aujourd'hui mieux sensibilisés sur la question de la conduite au sein de cette population fragilisée.

2. Une activité de conduite adaptée

Considérant l'augmentation de la prévalence des problèmes de santé et des modifications sensori-motrices et cognitives liées à l'âge, tout conducteur devrait modifier ses habitudes de conduite en vieillissant. Molnar et collaborateurs proposent un modèle conceptuel de l'autorégulation qui intervient à trois niveaux de performance de conduite et de prise de décision (Molnar, et al. 2013). Deux niveaux sont issus du modèle hiérarchique de Michon (Michon 1985), les niveaux stratégique et tactique, et le troisième est en lien avec les objectifs de vie. Le niveau stratégique de l'autorégulation commence dès la planification du trajet, il comprend d'éventuelles diminutions de distances conduites, l'évitement de situations de conduite jugées difficiles, et le choix de l'itinéraire. Les contraintes temporelles sont faibles. Le niveau tactique, sous une légère contrainte temporelle, concerne les choix de la personne en situation de conduite. L'autorégulation de ce niveau tactique consiste à éviter les distractions à l'intérieur du véhicule, à adapter sa vitesse à celle des autres conducteurs et à augmenter la distance inter-véhiculaire. Enfin le troisième niveau d'autorégulation possible proposé par Molnar est en lien avec les motivations et connaissances des personnes qui peuvent agir sur les comportements de conduite. C'est dans ce dernier niveau et dans le niveau stratégique que la personne peut prendre des décisions et donc agir pour une plus ou moins forte autorégulation de ses habitudes de conduite.

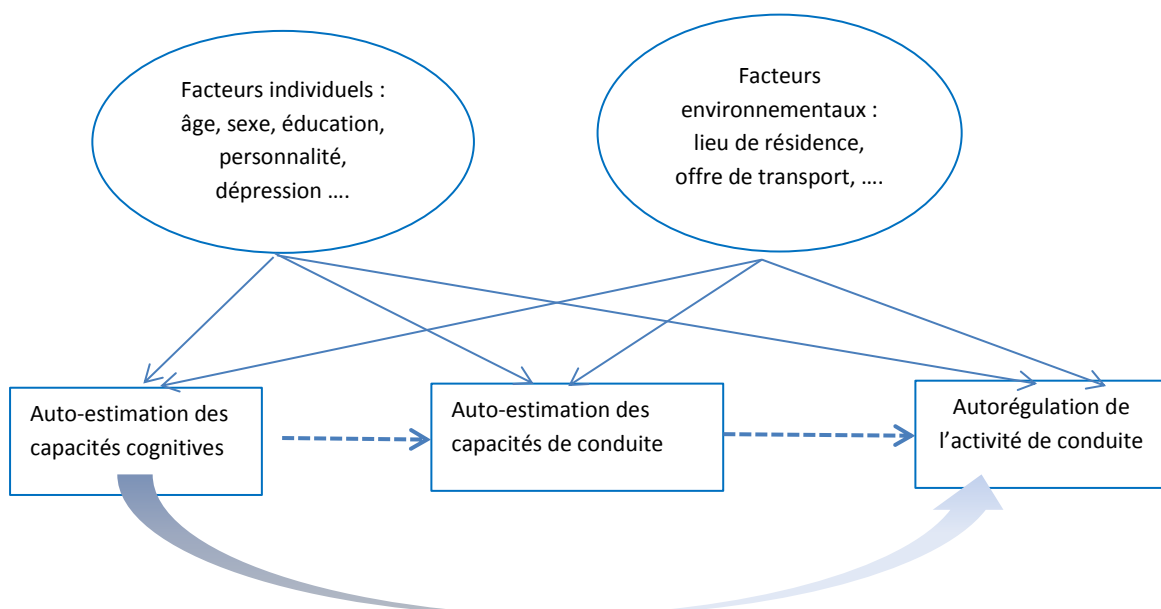
La littérature décrit plutôt un consensus selon lequel beaucoup de conducteurs âgés sont conscients de leur déclin fonctionnel et cognitif, et adaptent leurs modes de conduite en privilégiant les conditions de conduite dans lesquelles ils se sentent le plus en sécurité (Molnar and Eby 2008). Mais cela ne concerne pas tous les conducteurs âgés. La régulation des habitudes de conduite est en effet modulée par un certain nombre de variables, telles que l'âge, la déficience fonctionnelle, le statut socio-économique et le genre (Freund and Baltes 2002). Les femmes utilisent plus souvent des stratégies de compensation et arrêtent de conduire plus tôt que les hommes (Charlton, et al. 2006). Il a été montré que certaines femmes âgées prennent cette décision prématurément (Siren and Hakamies-Blomqvist 2004). Dans une étude sur les attitudes et les convictions, les conducteurs de genre masculin se montrent plus résistants à effectuer des changements dans leur comportement au volant (Tuokko, et al. 2007).

Dans nos travaux précédents, nous avons envisagé la régulation de la conduite en présence de pathologies ou de déficits. Or des analyses que j'ai réalisées ou encadrées au cours de stages ont suggéré l'existence de groupes de conducteurs potentiellement à risque d'accident : plutôt des hommes, avec un haut niveau d'études, et des performances cognitives élevées. Or, même chez des sujets performants aux tests cognitifs, le vieillissement entraîne des modifications par rapport à leur fonctionnement antérieur : des temps de réaction augmentés et une vitesse de traitement moindre. Il semble donc important de caractériser les conducteurs âgés qui ne modifient pas ou pas assez leurs habitudes de conduite. L'hypothèse est que le niveau socio-économique, le sexe, ou encore la

personnalité peuvent perturber cette régulation, et que la variable intermédiaire est certainement la conscience de ses propres limitations et de leurs répercussions sur l'activité de conduite.

2.1 Comprendre la régulation de la conduite

Ainsi, même s'ils ne constituent pas la majorité des conducteurs âgés, certains conducteurs n'ont pas une activité de conduite automobile adaptée à leur état cognitif. L'autorégulation, processus qui consiste à ajuster son comportement en fonction de ses capacités (Charlton, 2006), suppose en amont une bonne conscience de ses propres déclinés physiques et cognitifs. L'hypothèse de recherche du projet Safe Move (ANR 2011-2015) est qu'une régulation des habitudes de conduite est possible si les personnes ont une auto-estimation correcte de leurs capacités cognitives par rapport aux personnes de à leur âge. Certains conducteurs prennent en compte la réduction de leurs performances cognitives, en particulier leur ralentissement cognitif, et régulent leur activité de conduite de façon adaptée, d'autres ne le font pas. Ainsi, une auto-estimation incorrecte de leurs capacités cognitives dans le sens d'une surestimation peut les amener à conduire d'une manière qui dépasse leurs capacités réelles et les met en danger. A l'inverse, une sous-estimation de leurs capacités cognitives peut amener les conducteurs âgés à cesser prématurément l'activité de conduite. Ils ne sont pas à risque d'accident, mais à risque d'exclusion sociale, de dépression, de perte d'autonomie, et plus généralement à risque d'engagement dans une trajectoire de vieillissement pathologique. Le schéma ci-dessous décrit la démarche de recherche suivie dans la tâche 1 du projet Safe Move qui en comprend 3. La tâche 1 comprend une revue de la littérature pilotée par Colette Fabrigoule, un volet épidémiologique dont j'ai la charge, et un volet expérimental piloté par Laurence Paire-Ficout. Chantal Chavoix, directrice de recherche à l'Inserm à Caen collabore à cette tâche 1. La tâche 2 vise à développer des actions de prévention et des programmes de réentraînement cognitif pour les sur- et sous-estimateurs cognitifs afin d'améliorer l'évaluation qu'ils ont de leurs capacités. Cette tâche est sous la responsabilité de Catherine Gabaude, chercheur à l'Ifsttar (Lescot). Enfin, la tâche 3 a pour objectif de concevoir des futures aides à la conduite pour les conducteurs âgés. Elle est sous la responsabilité de Thierry Bellet également chercheur à l'Ifsttar (Lescot). Claude Marin Lamellet, directeur de recherche au Lescot est le coordinateur du projet en France. Le projet a aussi une dimension internationale avec des tâches assez proches proposées par l'Institut de recherche sur les transports en Suède (VTI.)



Nous travaillons dans un premier temps sur les notions d'auto-estimation des capacités cognitives et d'auto-estimation des capacités de conduite, puis étudions leur impact sur l'activité de conduite, compte tenu des facteurs individuels et environnementaux qui interfèrent avec ces auto-évaluations.

2.2 L'auto-estimation des capacités cognitives

Ma première mission dans le projet Safe Move est de construire trois groupes de conducteurs, des sur-estimateurs, des estimateurs corrects, et des sous-estimateurs des capacités cognitives. La détermination de l'appartenance de chaque participant à l'un des trois groupes conditionne la suite du projet, en particulier les études expérimentales. Je constitue pour cela une équipe pour mettre en place une cohorte de 1 200 conducteurs âgés habitant dans le Rhône ou le Calvados. Le choix de ces deux départements est expliqué par l'implantation géographique des partenaires du projet, mais il est aussi justifié par leur complémentarité, le premier étant plus urbain que l'autre. Une réflexion sur l'échantillonnage est menée et notre choix s'oriente vers une procédure d'échantillonnage comparable à celle qui a été adoptée dans l'étude Paquid (Inserm, Bordeaux) (Barberger-Gateau, et al. 1992), [A9]. Elle consiste à un premier tirage au sort de communes au sein de quatre strates construites sur le nombre d'habitants, puis à un second tirage au sort de personnes âgées de 70 ans et plus inscrites sur les listes électorales. Cet échantillonnage permet de calculer la probabilité pour chaque participant d'être contacté pour participer au projet. Après une année d'inclusion, 1204 conducteurs âgés ont reçu la visite d'une enquêtrice psychologue à leur domicile.

S'agissant de la construction des trois groupes, l'originalité de nos travaux est de proposer un algorithme qui met en regard une évaluation objective des capacités cognitives par des tests neuropsychologiques, et une évaluation subjective par des questions d'auto-estimation de ses habiletés cognitives sur des activités de la vie quotidienne, et cela par rapport aux personnes de même âge. L'algorithme ci-dessous décrit les trois niveaux d'évaluation objective du niveau cognitif (bas, moyen, haut), et les trois niveaux d'estimation subjective du niveau cognitif par rapport aux autres (moins bon, comparable, meilleur).

détermination des trois niveaux cognitifs, ils ne sont pas associés à l'auto-estimation. Ainsi, la proportion de sur-estimateurs des capacités cognitives est plus élevée chez les hommes que chez les femmes. Elle est aussi plus élevée chez celles et ceux qui vivent seuls, se sentent en très bonne santé par rapport aux autres, ou qui ont une personnalité extravertie ou consciencieuse. L'analyse séparée chez les hommes et les femmes nuance ces résultats, à savoir que ces mêmes facteurs de surestimation sont retrouvés chez les hommes seulement (à l'exception de la santé relative remplacée par le fait de déclarer une très bonne audition). Chez les femmes, les deux facteurs qui restent significativement associés à la surestimation sont le fait de se sentir en très bonne santé par rapport aux autres, et l'ouverture à l'expérience comme facteur de personnalité. Quant à la sous-estimation des capacités cognitives, hommes et femmes réunies, elle est associée au fait d'habiter un département plus urbain, et d'avoir un score bas d'agréabilité. Chez les hommes, ceux qui vivent en couple, ou présentent une symptomatologie dépressive sous-estiment plus souvent leurs capacités cognitives, et chez les femmes, ne pas avoir un haut revenu ou une personnalité intravertie sont des facteurs de sous-estimation [A56]. Ces résultats, qui mettent en lumière des différences entre hommes et femmes dans le rôle de la personnalité, la dépression, le mode vie et l'auto-estimation de sa santé, sont intéressants dans la connaissance qu'ils apportent pour accompagner et conseiller les conducteurs âgés.

En parallèle de ce travail et directement en lien avec notre hypothèse de recherche, nous avons souhaité savoir si l'auto-estimation des capacités cognitives était associée à l'auto-estimation des capacités de conduite.

2.3 L'auto-estimation des capacités de conduite

Le volet expérimental de la tâche 1 du projet vise à évaluer l'auto-estimation des capacités de conduite et il est donc placé sous la responsabilité scientifique de Laurence Paire-Ficout. Les expérimentations des tâches 1 et 2 du projet sont réunies pour constituer une base de 145 conducteurs issus de la cohorte (Rhône) pour qui une évaluation des capacités de conduite est réalisée. Une partie d'entre eux avait manifesté lors de la visite à domicile leur intérêt pour participer à cette étude, les autres sont contactés par téléphone. Les participants des trois sous-groupes sont comparables en âge, sexe, et niveau d'études. Leur conduite est évaluée pendant 40 à 50 minutes sur un parcours ouvert à la circulation de 28 kilomètres, en présence d'un moniteur d'auto-école placé sur le siège du passager et d'un expérimentateur expert placé à l'arrière du véhicule. L'évaluation objective de la performance de conduite est réalisée à partir de deux outils : une grille de pénalités développée en interne complétée par l'expérimentateur, et la grille TRIP (Withaar, et al. 2000) complétée par le moniteur d'auto-école. Deux questions issues du questionnaire de la cohorte et une question adressée juste après l'épreuve de conduite permettent de réaliser l'évaluation subjective des capacités de conduite des participants. La même stratégie de construction des trois profils d'auto-estimation de la conduite est alors appliquée. Trois niveaux objectifs des capacités de conduite sont définis et mis en regard avec trois niveaux de jugement par le conducteur de ses propres capacités de conduite.

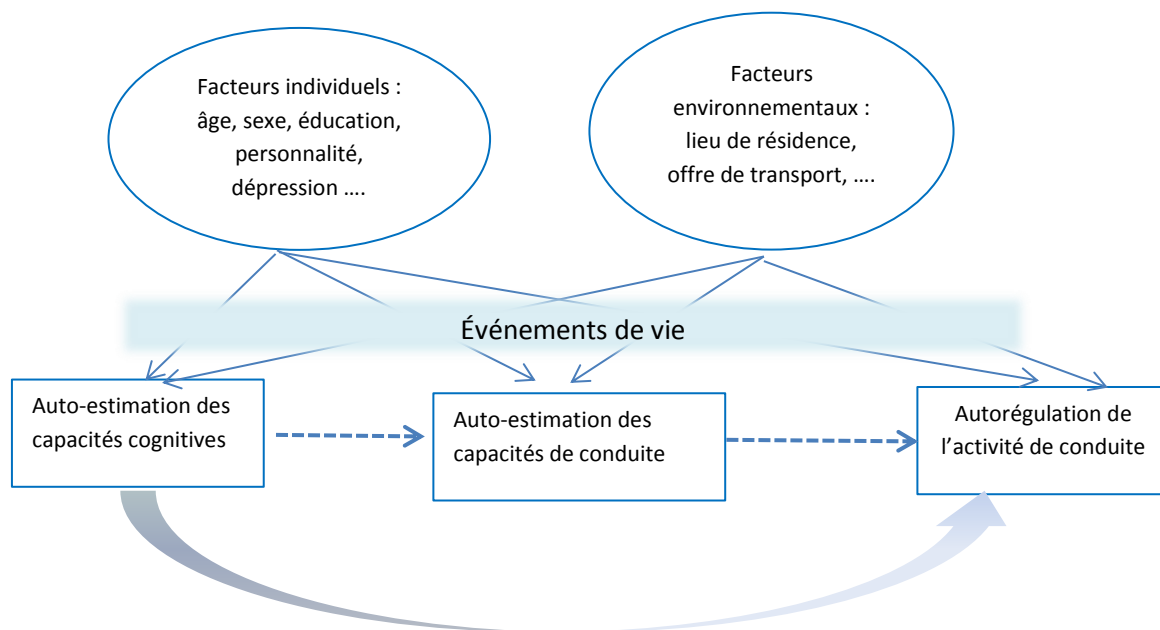
Les trois profils d'auto-estimation des capacités de conduite sont obtenus par le croisement des évaluations objectives et subjectives selon un algorithme de décision auquel je participe. Les sous-estimateurs du point de vue de la conduite représentent 20.3% de l'échantillon, les sur-estimateurs 38.3%, et les correct-estimateurs 41.4 %. Les deux auto-estimations des capacités cognitives et des

capacités de conduite sont ensuite comparées chez les 145 conducteurs de l'étude expérimentale. Une association significative est mise en évidence entre les deux auto-évaluations : les conducteurs âgés qui surestiment leurs capacités cognitives ont deux fois plus de risque de surestimer aussi leurs capacités de conduite. Ces résultats sont en cours de publication [ASoum 2]. Dans la suite de ces travaux, les comportements de régulation tactique (adaptation de la vitesse, respect des distances de sécurité, anticipation) seront étudiés dans les différents groupes.

2.4 L'auto-estimation des capacités cognitives et la régulation de l'activité de conduite

Deux types de régulation de la conduite sont analysés au sein de la cohorte avec le suivi des conducteurs, environ 2,5 ans après la visite initiale : un niveau stratégique qui recouvre des changements quantitatifs et qualitatifs de la mobilité (kilomètres conduits, fréquence de conduite, évitements de situations jugées inconfortables) ; et un niveau motivationnel de la régulation documenté ici par les événements de vie survenus au cours du suivi. Molnar et collaborateurs décrivent dans le niveau motivationnel plutôt des choix de lieu de vie, de véhicule, ... mais nous avons considéré que les événements de vie pouvaient aussi interagir avec les motivations.

Dans le schéma d'autorégulation que nous avons proposé précédemment, ils interfèrent avec les facteurs individuels et les facteurs environnementaux et modifient l'autorégulation de la conduite, avec parfois des répercussions sur les auto-estimations des capacités cognitives et de conduite. Ces travaux sont en cours.



2.5 L'auto-estimation de sa santé et la régulation de l'activité de conduite

Enfin en 2015, Emmanuel Lagarde et moi avons lancé une nouvelle étude spécifique au sein de la cohorte GAZEL, cohorte qui vieillit puisque les 20 000 participants inclus en 1989 avaient entre 40 et 50 ans pour les hommes et 35 et 50 ans pour les femmes. Il s'agit d'une cohorte de travailleurs, tous sont salariés d'EDF-GDF à l'inclusion et ils sont suivis avec un auto-questionnaire annuel depuis 1989.

L'étude que nous proposons au sein de la cohorte a pour objectif de décrire et comprendre les interactions entre les facteurs d'insécurité routière chez les conducteurs vieillissants, en particulier les facteurs liés aux états de santé et aux consommations de médicaments. Un second objectif, directement en lien avec notre problématique, est d'étudier les effets de comportements à risque, de la perception du risque routier, et de l'auto-déclaration de déficits physiques, sensoriels, et cognitifs sur l'autorégulation de la conduite. Dans cette dernière enquête, 5426 questionnaires complétés en ligne sont disponibles. Cette recherche est en cours, elle devrait également contribuer à aider les médecins dans leur conseil de prévention et d'adaptation de l'activité de conduite.

2.6 Une problématique différente chez les hommes et les femmes

La plupart des travaux qui portent sur l'insécurité routière sont menés en distinguant les hommes et les femmes, ces dernières ayant moins d'accident à tous les âges de la vie [A25]. Des études montrent que, dès leur plus jeune âge, les hommes ont des comportements plus risqués et transgressent davantage les règles que les femmes (Byrnes, et al. 1999). J'ai aussi plusieurs fois évoqué dans ce manuscrit des différences entre les hommes et les femmes. On peut donc penser que la régulation de la conduite n'échappe pas à cette différence. J'ai ainsi encadré un travail de thèse avec Bernard Laumon en directeur de thèse, dont le sujet est d'approfondir les recherches sur le processus de régulation de la conduite des hommes et des femmes âgés, en prenant en compte des déficits sensoriels, physiques et cognitifs, et en s'intéressant particulièrement au processus démentiel (Marie Dit Asse and (dirigée par B. Laumon et encadrée par S. Lafont) 2015). Un premier travail basé sur les données des 3C à Bordeaux a permis d'identifier, chez les hommes et chez les femmes, les facteurs associés au fait de réduire son activité de conduite, en considérant la réduction des distances conduites jusqu'à l'arrêt total. Les femmes diminuent plus les distances conduites, et plus tôt que les hommes. Ces derniers réduisent les distances conduites lorsqu'ils sont face à une pathologie [A52]. Dans le décours de la démence, les femmes cessent plus tôt de conduire dans le stade pré-démontiel que les hommes, en moyenne 4 ans avant le diagnostic chez les femmes, et 2.5 ans chez les hommes. Au moment du diagnostic, 45% des hommes et 74% des femmes avaient cessé de conduire. Aucune différence de probabilité d'arrêt entre hommes et femmes ne subsistent 3 ans après le diagnostic [A54]. Hommes et femmes n'ont donc pas la même approche de l'autorégulation de la conduite, que ce soit dans le vieillissement normal ou le vieillissement pathologique. Laetitia Marie Dit Asse va également effectuer au cours de sa thèse un séjour de trois mois en Suède afin de comparer les spécificités de la mobilité des hommes et des femmes entre les deux pays. Pour cela elle compare les données de la cohorte Safe Move en France avec les données de leur étude auprès de 1362 conducteurs comparables en âge et sexe. Elle conclut à des différences de mobilité entre hommes et femmes, en France comme en Suède, malgré une politique en faveur de l'égalité des sexes instaurée dès le début du 20^{ème} siècle en Suède.

La prise en compte de ces spécificités est essentielle dans le conseil que l'on peut donner en matière d'accompagnement des conducteurs âgés vers l'arrêt de la conduite.

3. Proposition de mesures

L'ensemble de ces travaux contribuent à répondre en 2014 au Comité des Experts du Conseil National de la Sécurité Routière qui demande des mesures pour diviser par deux le nombre de

personnes tuées ou blessées gravement d'ici 2020. Catherine Gabaude, Laurence Paire-Ficout, Colette Fabrigoule, et moi travaillons sur des propositions de mesures visant à prendre en compte le vieillissement physiologique et parfois pathologique, dans la prévention du risque routier, sans pour autant discriminer ou stigmatiser les personnes âgées. Ces recommandations s'articulent autour d'une meilleure perception collective des effets du vieillissement sur les usagers de la route, et d'un meilleur accompagnement des diminutions des capacités de conduite avec l'âge. Dix mesures avec leur cible, l'action envisagée, leur enjeu, impact et acceptabilité sont proposées au Comité des experts (Lafont, et al. 2014):

1. Porter à la connaissance de la population générale des informations sur le risque pour autrui en fonction de l'âge du conducteur âgé
2. Favoriser la diffusion des connaissances sur l'impact du vieillissement sur l'activité de conduite
3. Favoriser la diffusion des connaissances sur l'impact du vieillissement chez les piétons
4. Sensibiliser les médecins généralistes à leur rôle de conseil sur l'aptitude à la conduite
5. Proposer un protocole cognitif pour détecter des troubles pouvant perturber la conduite automobile
6. Proposer un protocole d'évaluation des performances de conduite de certains conducteurs âgés
7. Proposer un protocole d'accompagnement de certains conducteurs
8. Proposer des aménagements pour les infrastructures routières et piétonnières
9. Favoriser le développement de moyens de déplacement alternatifs à la conduite automobiles utilisables par les personnes âgées
10. Ne pas imposer un contrôle médical systématique

Ces mesures sont reprises dans le document final du Comité des Experts du Conseil National de la Sécurité Routière (Comité des experts du Conseil National de la Sécurité Routière 2014).

4. Activité d'encadrement sur ce thème

- En 2000, je co-encadre le stage de DEA Dimensions cognitives et modélisation d'Agnès Favre, étudiante à l'Institut de Psychologie à l'Université Lumière Lyon 2. Elle participe à la pré-étude du volet expérimental de l'étude SEROVIE. Nous créons une grille d'analyse de l'activité de conduite qui fournit un score de pénalités, et proposons une évaluation qualitative de l'aspect sécuritaire de l'activité de conduite par le moniteur d'auto-école.

Reynaud Favre, A. (2000). Les déficits attentionnels liés au vieillissement - Le cas des conducteurs d'automobile atteints de la maladie d'Alzheimer. DEA, Université Lumière Lyon 2, Lyon.

Agnès Reynaud a poursuivi son activité professionnelle en tant que psychologue clinicienne.

- En 2003, je propose à Simon Marcellin, étudiant en maîtrise de l'IUP d'informatique, statistiques et économétrie appliquées aux organisations à l'Université Lumière Lyon 2, de créer une application informatique d'analyse de fichiers issus d'une batterie informatisée de tests neuropsychologiques. Cette batterie est utilisée dans le programme de recherche à l'hôpital Pellegrin à Bordeaux dans le cadre de la thèse d'Hélène Amieva, et également dans le volet expérimental de l'étude SEROVIE. La passation des tests s'effectue sur un ordinateur doté d'un écran tactile, de moules de mains avec des cellules photoélectriques et d'un microphone, permettant de mesurer en millisecondes les temps de réaction à des stimuli et des distracteurs de différentes sortes. Le matériel (moules de main) et le

logiciel fourni ont été réalisés par une société prestataire, mais les besoins en développement sont réels car l'application génère des fichiers texte individuels avec des données brutes, non utilisables par un non statisticien. Au plan clinique, il s'avère intéressant de proposer aux psychologues chargés de la passation des tests un compte-rendu compréhensible des performances individuelles. Pour nous, il est aussi intéressant de disposer d'un outil qui propose des variables globales pertinentes. Simon Marcellin réalise un excellent travail qui répond à nos attentes. Son application sera utilisée par la suite dans les recherches menées à Bordeaux.

Marcellin S, (sous la direction de S Lafont). Création d'une application d'analyse de fichiers issus d'une batterie de tests informatisés : développement objet sous Borland Delphi. Mémoire de maîtrise IUP- Université Lyon 2. Rapport UMRETTE, 2003.

Simon Marcellin a ensuite soutenu une thèse en informatique à Lyon 2 (hors Umrestte).

- En 2004, j'encadre le stage de Marlène Bernard, étudiante en Master professionnel de statistique appliquée aux sciences sociales et à la santé à l'Université Segalen Bordeaux 2, sur un travail portant sur l'étude des performances cognitives en lien avec la survenue d'un accident chez des conducteurs âgés. Ce travail repose sur le volet épidémiologique du projet SEROVIE et donc avec les données de la cohorte 3C (Bordeaux). Les habitudes de conduite des sujets ainsi que des informations sur l'état de santé sont recueillies lors de la visite initiale. Une évaluation des performances cognitives est aussi réalisée avec des tests papier-crayon. Dix-huit mois après ce recueil de données, un questionnaire spécifique est proposé aux sujets afin de recueillir les accidents survenus depuis le début de l'étude. Les performances cognitives sont à nouveau évaluées avec des tests neuropsychologiques papier-crayon, mais aussi avec certains tests de la batterie informatisée. L'application développée par S Marcellin est utilisée pour exploiter ces données. Sur les 1625 sujets qui répondent au premier suivi, 920 sont conducteurs actifs. Parmi eux, 93 déclarent une responsabilité partielle ou totale dans au moins un accident de la circulation routière. L'analyse multivariée permet de montrer que conduire tous les jours et présenter des symptômes dépressifs augmentent le risque d'accident. Les participants qui ont un bon niveau cognitif global (score au Mini Mental State Examination ≥ 29) présentent aussi un sur-risque d'accident. Enfin la démence n'est pas retrouvée associée au risque d'accident. Les résultats de ce travail montrent déjà des problèmes d'adaptation de certains conducteurs âgés, car retrouver les sujets les plus performants au plan cognitif en tant que sujets les plus à risque d'accident laisse penser qu'ils ne se rendent pas compte que le vieillissement entraîne, même pour eux, une diminution des capacités fonctionnelles.

Bernard M, (sous la direction de S Lafont). Etude des performances cognitives en lien avec la survenue d'un accident de la circulation routière parmi une population de conducteurs de plus de 65 ans. Mémoire de DESS - Université Bordeaux 2. Rapport UMRETTE, 2004.

Après quelques années passées à l'Umrestte en CDD, Marlène Bernard est recrutée par un Observatoire Régional de Santé.

- En 2009, j'encadre le stage de Magali Laborey, étudiante en Master Professionnel de Biostatistiques sur un travail portant encore sur l'étude des performances cognitives en lien avec le risque d'accident de la circulation routière, avec cette fois une approche plus biostatistique. Son travail porte sur l'effet test-retest des tests cognitifs (tests non paramétriques, et modèles mixtes), sur l'étude des facteurs de survenue d'un 1er accident pendant la période d'étude avec des données explicatives dépendantes du temps (modèle de Cox), et sur l'étude de facteurs associés à la récurrence d'accident (modèle conditionnel PWP). Un effet d'apprentissage est retrouvé pour le Mini Mental State Examination, le test de Benton et le set test d'Isaac. Cet effet minimise la baisse des performances

cognitives à ces trois tests. En revanche, aucun effet d'apprentissage n'a été relevé pour le test du Trail Making A et B. Le Trail Making A est en effet un test simple, il est difficile de l'améliorer. En revanche le Trail Making B est complexe, et il est difficile de mettre en place une stratégie. Ce résultat est intéressant puisque nous l'avons proposé dans le protocole cognitif pour les médecins généralistes. En ce qui concerne la recherche des facteurs de risque d'accident, le travail de Magali Laborey confirme les résultats précédents qui mettaient en évidence un sur-risque d'accident chez les sujets les plus performants sur un plan cognitif. On ne peut toutefois exclure un biais de sélection en incluant dans cette étude seulement les personnes qui conduisaient à l'inclusion et dont le statut de conducteur était connu aux deux premiers suivis de la cohorte. D'autres résultats sont très intéressants, mais aussi complexes à interpréter. Il semblerait en effet que les conducteurs âgés qui ont de mauvaises performances cognitives sont moins à risque d'accident, mais ceux qui ont un premier accident dans la période sont plus à risque d'un deuxième accident.

Laborey M, (sous la direction de S Lafont). Analyse prospective des performances cognitives en lien avec le risque d'accident de la circulation routière, au sein de la cohorte 3C-Bordeaux. Mémoire de Master Professionnel Biostatistiques - Université Bordeaux 2. Rapport UMRETTE, 2009, 72 p.

Magali Laborey a ensuite soutenu une thèse dirigée par E Lagarde à Bordeaux.

- Entre 2011 et 2015, j'encadre la thèse de Laetitia Marie Dit Asse, inscrite à l'école doctorale EDISS de Lyon 1. L'étudiante soutient sa thèse en mars 2015. Le manuscrit est composé de cinq chapitres. Un premier chapitre présente une revue de la littérature sur les stratégies de régulation de la conduite, le second s'intéresse à l'arrêt de la conduite et à ses déterminants, le troisième aux autres indicateurs de régulation, et un quatrième chapitre propose une comparaison de la mobilité des hommes et des femmes dans une étude française et une étude suédoise. Tout son travail s'articule autour du rôle de la démence et des déficits cognitifs dans le processus de régulation de la conduite, rôle différent chez les hommes et les femmes. Son travail est résumé dans le chapitre 3.6 du document.

Marie Dit Asse L, (dirigée par B. Laumon et encadrée par S. Lafont). Régulation de la conduite automobile des hommes et des femmes âgés. Ifsttar, Bron-Lyon. Thèse de doctorat - Spécialité Épidémiologie et Santé Publique - Université Claude Bernard Lyon 1, 31 mars 2015.

Laetitia Marie Dit Asse a trouvé un emploi en tant qu'assistante de recherche clinique pendant plus d'un an, elle est en recherche d'emploi actuellement.

- En 2016, j'encadre le stage de Justine Pons, étudiante en Licence 3 de MIASHS-IDS à Lyon 1. Je lui propose d'estimer l'activité de conduite automobile après 65 ans en France. En effet, il n'existe pas de données nationales sur le nombre de conducteurs actifs, or cette information est essentielle pour comprendre le processus de régulation de l'activité de conduite en vieillissant et son évolution pour les 10 prochaines années. Un effet génération est pris en compte en raison du nombre croissant de femmes qui conduisent. Ainsi, l'étude fournit une estimation du nombre de conducteurs âgés de 65 ans et plus en France en fonction de l'âge et du sexe. Cette estimation est réalisée à partir des données de la cohorte 3C (10 000 personnes âgées de 65 ans et plus) dont l'inclusion date de 2000, auxquelles une standardisation directe aux données de population de l'INSEE de 2006 est appliquée. En 2000, 87 % des hommes de 65 ans et plus sont des conducteurs actifs contre seulement 40 % des femmes. En effectuant une projection en 2025, ces chiffres évoluent de façon considérable pour les femmes (les hommes ayant déjà atteint des taux très élevés), elles devraient être aussi nombreuses à

conduire que les hommes. Ce travail pourrait faire l'objet d'une publication dans le Bulletin d'Épidémiologie Hebdomadaire.

Pons J, (sous la direction de S Lafont). Estimation du nombre de conducteurs de plus de 65 ans en France.

Mémoire de Licence 3 MIASHS-IDS - Université Lumière Lyon 2. 2016.

Justine Pons poursuit sa formation en M1 à Lyon 2.

- Depuis 2008, je recrute un certain nombre de CDD de niveau Ingénieur d'études, statisticiens et psychologues, que je forme aussi à la recherche.

5. Conclusion

Finalement quinze années se sont écoulées depuis mes premiers travaux sur les conducteurs âgés. Des années de résultats mais aussi de doutes et remises en question car chacun de ces résultats a nourri une réflexion qui nous a fait avancer dans la problématique. Les variables d'intérêt et les hypothèses sur les facteurs de risque ont évolué au cours du temps. Mes recherches se sont aussi orientées vers une meilleure compréhension de la mobilité des personnes âgées et des enjeux liés à cette mobilité. Ils présentent aussi des limites qui ont contribué à rester prudente sur les recommandations formulées, en particulier en ce qui concerne le protocole cognitif. L'outil proposé vise à détecter des troubles pouvant perturber la conduite, il n'a pas vocation à déterminer ceux qui doivent cesser de conduire. Il est nécessaire de considérer l'ensemble des caractéristiques d'une personne, son dossier médical, son environnement familial, et social, et ses motivations. Sur la question du vieillissement comme sur celle plus générale des usagers vulnérables (motocyclistes, cyclistes, piétons), nous devons également travailler dans le sens d'une meilleure compréhension et d'un respect mutuel entre usagers de la route.

Enfin, ce thème m'est cher car il combine des approches épidémiologiques et expérimentales, avec des collègues issus d'autres disciplines qui m'enrichissent aux plans scientifique et amical.

Chapitre 4. Autres travaux sur l'insécurité routière

1. Qualité de vie après un accident de la route

En 2013, je m'intéresse à la qualité de vie des victimes âgées après un accident de la route, qualité de vie que nous avons comparée à celle de victimes plus jeunes. Les résultats d'une étude que j'avais réalisée à l'Inserm autour du vieillissement réussi m'avaient à l'époque interpellée. Les personnes de plus de 80 ans se sentaient en meilleure santé que les plus jeunes, alors qu'objectivement leur niveau de santé était largement plus détérioré. Le fait d'atteindre l'âge de 80 ans ou plus semblait modifier favorablement la perception qu'elles avaient de leur santé. Le rapprochement avec l'auto-estimation de la qualité de vie me semblait intéressant.

La qualité de vie est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé par « la perception qu'a un individu de sa place dans l'existence, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes » (World Health Organisation 1984). La qualité de vie diminue avec l'âge et on peut s'attendre à ce qu'elle diminue encore plus avec la survenue d'un accident. Mais l'auto-évaluation de la qualité de vie est en elle-même un processus complexe, et les chercheurs Sprangers et Schwartz évoquent un éventuel phénomène de « response shift » qui correspond à un changement dans la signification de l'auto-évaluation de la qualité de vie (Sprangers and Schwartz 1999). Dans la mesure où les attentes de la vie ne sont pas les mêmes selon l'âge des victimes, il est possible que les victimes n'aient pas la même perception de leur qualité de vie après un événement comme un accident. Le seul fait de survivre à un accident de la route pour une personne âgée peut rendre meilleure l'auto-estimation de sa qualité de vie, que ne le feraient des victimes plus jeunes. Nous testons cette hypothèse grâce aux données de la cohorte ESPARR qui propose un suivi de plus de 1000 personnes incluses dans le Registre des victimes d'accident de la route dans le département du Rhône.

J'encadre Leslie Grasset, étudiante en Master 1 de santé publique à Lyon 1, et ce travail fait l'objet d'un article en cours de publication [ASoum 3]. L'hypothèse d'une qualité de vie moins dégradée chez les victimes âgées est confirmée, toutes choses égales par ailleurs, en particulier la gravité des blessures et l'état de santé initial. Les victimes les plus âgées n'ont pas les mêmes attentes de la vie et, de ce fait, ont une auto-estimation moins négative de leur qualité de vie que les victimes plus jeunes.

Grasset L, (sous la direction de S Lafont). Un âge avancé est-il un facteur aggravant de la qualité de vie après un accident de la circulation routière ? Mémoire de Master 1 Santé publique - Université Claude Bernard Lyon 1. 2013.

Leslie Grasset est actuellement en thèse à Bordeaux, dirigée par Catherine Helmer, responsable de la cohorte 3C Bordeaux.

2. Facteurs de risque d'accident de la route au sein d'une cohorte de travailleurs

En 2001, Mireille Chiron, chercheur à l'Umrestte, et moi débutons une étroite collaboration avec Emmanuel Lagarde, alors chercheur au sein de l'U88 de INSERM à Saint Maurice (Val de Marne). Il s'agit de mettre en place une étude longitudinale sur l'insécurité routière au sein de la cohorte GAZEL décrite dans le chapitre 3.5. Nous introduisons des questions de mobilité et d'accidentologie dans le suivi annuel, et proposons parallèlement des questionnaires spécifiques « Conduite et sécurité routière » au cours du suivi. Les analyses statistiques issues de cette cohorte sont complexes, elles font appel à des méthodes qui prennent en compte le fait que les données sont dépendantes du temps, qu'il s'agisse des facteurs de risque ou des variables d'intérêt. Cette collaboration donne lieu à la publication de 14 articles dans des revues internationales, articles qui s'intéressent à la recherche de facteurs de risque d'accident et à la mise en évidence de comportements à risque d'accident. Les principaux résultats de ces publications sont les suivants.

- Une première série d'analyses des données de la cohorte reposent sur des accidents survenus entre 1989 et 2001 et recueillis de façon **rétrospective** par auto-déclaration dans le questionnaire 2001. Le biais de sélection est cependant minoré car les travaux portent essentiellement sur des accidents corporels, pour lesquels des informations complémentaires sont obtenus par les services médicaux. Les facteurs de risque ont été recueillis annuellement de façon prospective. Plusieurs événements de vie survenus dans l'année précédente comme un divorce ou une séparation, le départ d'un enfant, un achat important ou encore l'hospitalisation du conjoint, majorent le risque d'accident dans les onze dernières années, et soulèvent la question de l'influence de l'état émotionnel sur la conduite automobile [A26]. L'étude des conditions de santé auto-déclarées a montré que la présence de douleurs et la consommation d'analgésiques sont associées au risque d'accident corporel dans les onze dernières années. La présence d'un glaucome et d'une cataracte, connue chez les personnes âgées comme pouvant perturber la conduite, est aussi retrouvée comme facteur de risque d'accident chez ces travailleurs âgés de 57 ans en moyenne à l'inclusion pour les hommes et de 54 ans pour les femmes [A32]. Une étude complémentaire analysant le lien entre les changements de mobilité routière et les événements de vies et facteurs de santé, met en évidence de très faibles associations, ce qui permet de ne pas remettre en cause les précédents résultats du fait d'un ajustement incorrect sur la mobilité [A33]. Sur les comportements, le fait d'avoir fait appel à des connaissances pour annuler un procès-verbal est associé à une vitesse de conduite plus élevée, à une conduite sous l'influence de l'alcool, à une utilisation du téléphone portable au volant et au fait d'avoir eu au moins un accident corporel dans les onze dernières années [A27]. Une personnalité marquée par de l'impatience et de l'hostilité (type A), connue pour être associée aux maladies coronariennes, est associée au risque d'accident [A31]. En revanche aucune association n'est retrouvée entre le score global d'une échelle d'agressivité / hostilité et le risque d'accident corporel. Seuls deux items de l'échelle, l'irritabilité et le négativisme restent associés à ce risque après ajustement [A34]. Les questions sur le motif de déplacement lors de l'accident permettent d'analyser les accidents survenus dans le cadre du travail, lors d'un déplacement professionnel (accident de mission) ou au cours d'un trajet domicile-travail (accident de trajet). Les conditions de travail des salariés pouvant augmenter le risque de ces deux types d'accident, celles-ci sont étudiées. Les résultats de cette étude montrent que peu de facteurs

professionnels majorent le risque d'accident. Toutefois un travail nerveusement fatiguant chez les hommes et une longue station debout pour les femmes augmentent le risque d'accident corporel dans le cadre de leur travail (mission) ; quant aux accidents de trajets, un sur-risque est observé chez les femmes qui déclarent avoir une position de travail inconfortable [A40].

- La seconde série d'études sur la cohorte GAZEL est réalisée avec des données **prospectives** d'accidents survenus après 2001.

Les personnes déclarant avoir eu fréquemment sommeil au volant ont plus d'accidents dans les deux années qui suivent, montrant ainsi que la conscience d'avoir sommeil ne suffit pas à prévenir la survenue d'un accident [A35]. L'analyse prospective du risque d'accident au sein de la cohorte confirme les facteurs suivants : une vitesse excessive hors agglomération, l'utilisation du téléphone portable, et le fait d'avoir régulièrement sommeil au volant. Les personnes concernées par ces comportements sont également plus fréquemment en désaccord avec un renforcement des mesures pour améliorer la sécurité routière (augmentation des contrôles d'alcoolémie, de vitesse,...) [A36]. Une diminution de ces comportements à risque entre 2001 et 2004 est observée chez les sujets de la cohorte, professionnellement actifs en 2001, à l'exception de la conduite sous l'emprise de l'alcool et du positionnement en défaveur du renforcement des contrôles. Par ailleurs le risque d'accident lié à une conduite en ayant sommeil et à l'utilisation du téléphone au volant décroît assez rapidement après l'arrêt de l'activité professionnelle, le risque décroît un peu moins vite pour la vitesse et il ne baisse pas du tout pour l'alcool au volant [A42]. L'évolution des opinions entre 2001 et 2004 est également étudiée globalement dans la cohorte, y compris chez des non-conducteurs : les personnes les plus éduquées sont plutôt en faveur d'un assouplissement des mesures qui visent à diminuer l'insécurité routière. Toutefois une part importante des personnes reste en faveur d'un renforcement des mesures visant à réduire la vitesse et l'alcool au volant [A41]. Sur les pratiques, contrairement à la conduite sous l'emprise de l'alcool, la vitesse et l'utilisation du téléphone au volant baissent entre 2001 et 2004 de façon concomitante avec le renforcement des mesures et la diminution du nombre d'accidents corporels en France [A44]. Enfin, alors qu'une baisse importante de la consommation d'alcool est observée dans la cohorte entre 2001 et 2007, la conduite automobile sous l'emprise de l'alcool augmente, ce qui laisse penser que les mesures actuelles ne sont pas efficaces pour limiter l'alcool au volant [A48]. Toujours au cours de cette période, on observe plus de personnes qui débutent un comportement de conduite sous l'emprise de l'alcool que de personnes qui cessent ce comportement. Ces nouveaux infractionnistes sont plus souvent des hommes, plutôt entourés d'amis, et moins souvent entourés de parents proches et sont moins enclins à adopter les autres règles de sécurité routière [A49].

Activité d'encadrement sur ce thème

- En 2002, j'encadre Erik Lenguerrand, étudiant de DESS de Statistique appliquée aux sciences sociales et à la santé de l'université de Bordeaux 2, sur la relation entre accident de la circulation et persistance de douleurs dans trois territoires corporels : la tête, le cou et le dos. Les résultats montrent que l'accident n'est pas le déclencheur de ces douleurs. Dans les trois zones, pour la présence comme pour la persistance de douleurs, les antécédents de douleurs dans la zone correspondante sont le principal facteur qui explique leur présence après l'accident. Globalement, le statut blessé-non blessé dans un accident n'a pas d'effet propre sur la présence et la persistance de douleurs à la tête et au cou. En revanche chez les femmes, il augmente le risque de douleurs à la tête et au cou. Pour la douleur au dos, la blessure augmente le risque de persistance de douleurs,

indépendamment de l'existence d'antécédents de douleurs. Il n'est pas mis en évidence, chez les blessés, de relation entre la gravité globale des blessures et la présence ou la persistance de douleurs, sauf chez les cadres qui présentent un risque de douleur au cou supérieur lorsqu'ils ont subi des lésions graves.

Lenguerrand E, (sous la direction de S Lafont). Rôle de l'accident de la circulation routière sur la présence et la persistance de douleurs dans certains territoires corporels : étude au sein d'une cohorte de travailleurs, la cohorte gazel. Mémoire de DESS - Université Bordeaux 2. Rapport UMRETTE n° 208, 2002.

Erik Lenguerrand a ensuite soutenu une thèse dans notre unité, encadré par JL Martin et dirigé par B Laumon.

- En 2003, j'encadre le stage de Damien Alix, étudiant en DESS de Statistique et Informatique socio-économique à Lyon 2, qui porte sur l'étude des facteurs de risques professionnels liés aux accidents de la circulation en mission et lors de trajets domicile-travail. Les accidents de la route survenant au cours des trajets domicile/travail ou d'une mission pour l'employeur constituent en effet la première cause d'accident du travail mortel. Peu d'études se sont intéressées à ce type d'accident et leur prévention se développe sans que l'on sache s'il existe des facteurs de risque spécifiques. Ce travail sera ensuite repris par Marlène Bernard (contractuelle après son stage) pour être publié [A40].

Alix D, (sous la direction de S Lafont). Etude des facteurs professionnels liés aux accidents de la circulation en mission et lors des trajets domicile/travail. Mémoire de DESS SISE - Université Lumière Lyon 2. 2003.

Damien Alix a été recruté par une société d'assurances à l'issue de sa formation.

En conclusion de ce chapitre, la collaboration avec Emmanuel Lagarde et Mireille Chiron est fructueuse et a permis de tisser des liens étroits entre nous. Elle se poursuit avec E Lagarde qui dirige aujourd'hui l'équipe Prévention et Prise en Charge des Traumatismes au sein du centre de recherche INSERM 1219 à Bordeaux.

Chapitre 5. Travaux sur d'autres thèmes

Mes premières expériences professionnelles dans la recherche à Lyon relèvent de l'épidémiologie descriptive et de l'évaluation d'actions de santé. Elles ont pour objet le dépistage du cancer du sein, puis le sommeil des enfants comme potentiel facteur de risque d'obésité des enfants, et cela au sein de l'unité 265 de l'Inserm.

Après mon recrutement à l'Inserm à Bordeaux, je travaille sur les deux thèmes de recherche de l'unité 330, le vieillissement normal et pathologique que j'ai présenté au début de ce manuscrit, et le Virus de l'Immunodéficience Humaine dont les travaux sont décrits dans ce chapitre. Je poursuis ainsi des travaux d'évaluation d'actions de santé avec les essais thérapeutiques.

1. Le dépistage du cancer du sein

J'ai pour toute première mission la mise en place d'une enquête descriptive transversale dans le cadre de l'évaluation d'un programme pilote dans le Rhône qui propose un dépistage systématique du cancer du sein chez les femmes après 50 ans. L'objectif de cette enquête est de connaître la pratique mammographique des femmes, et d'évaluer la part des mammographies dites de « dépistage spontané » au sein de l'ensemble des mammographies prescrites. Ce dépistage spontané mesure l'activité mammographique, hors programme organisé, chez des femmes ne présentant pas de signe d'appel clinique, ni d'antécédent personnel de cancer génital ou du sein. Avec la mise en place d'un programme de dépistage, on espère un transfert de ce type de mammographies, remboursées alors en tant qu'actes diagnostiques, vers une participation plus grande au programme. Ne disposant pas d'informations avant sa mise en place, l'enquête ne permet pas de mesurer ce transfert, mais seulement d'estimer la répartition des femmes selon leur pratique des trois dernières années : mammographie diagnostique, mammographie du programme, mammographie de « dépistage spontané », absence de mammographie ou mammographie de plus de trois ans. Sur un échantillon de 6000 foyers contactés, 83 % participent à l'enquête après deux envois postaux et une relance téléphonique. Dix pourcent des femmes de 50 à 69 ans déclarent avoir réalisé une mammographie diagnostique dans les trois dernières années, 19 % une mammographie dans le cadre du programme de dépistage, 34 % une mammographie de « dépistage spontané », et 37 % n'ont pas eu de mammographie dans les trois dernières années. Je présente ces résultats au directeur du Fonds National de Prévention, d'Éducation et d'Information Sanitaires (FNPEI) et un compte rendu de ces travaux est transmis à la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés. Dans le cadre d'un réseau INSERM chargé de l'évaluation des différents programmes de dépistage du cancer du sein, cette enquête fait l'objet d'une extension à quatre départements expérimentant un programme de dépistage et à un département témoin [A4]. Le programme de dépistage du cancer du sein a été généralisé en France en 2004 aux femmes de 50 à 74 ans. Elles sont invitées tous les deux ans à réaliser une mammographie et un examen clinique des seins auprès d'un radiologue agréé.

2. Le sommeil des enfants

Ma seconde mission est d'évaluer une action éducative en milieu scolaire, relative aux rythmes de vie de l'enfant. Il s'agit d'en mesurer l'impact, la qualité et l'efficacité en termes de modifications des connaissances des familles, de comportements des enfants (quantité et qualité du sommeil, attention et concentration à l'école), et de conséquences à plus long terme sur l'état de santé des enfants, notamment sur la survenue d'une obésité à 5 ans. Des travaux précédents de l'équipe ont en effet mis en évidence une relation entre un manque de sommeil et la survenue d'une obésité à 6 ans. Je constitue une cohorte de 3000 enfants répartis en deux groupes randomisés, un groupe bénéficiant de l'action éducative et un groupe témoin, suivis de l'entrée à l'école maternelle jusqu'à leur entrée au cours préparatoire. Je travaille sur la mise au point des outils d'évaluation à partir des carnets de santé des enfants, et sur celle de questionnaires auprès des parents, des enseignants et des médecins. Les résultats de l'étude montrent que l'action est positive en particulier dans les zones urbaines ; une amélioration des connaissances des parents jointe à des activités des enfants pour valoriser le sommeil est associée à une augmentation de la durée du sommeil [A5].

3. Le VIH

En arrivant à Bordeaux, je travaille sous la responsabilité de Geneviève Chêne sur des essais thérapeutiques de prophylaxie d'événements infectieux chez des patients infectés par le VIH. Le premier essai se déroule en France en 1995 (ANRS² 047). Il s'agit d'un essai randomisé, sans insu sur le traitement, multicentrique, qui compare l'atovaquone à l'association pyriméthamine et acide folinique dans la prévention primaire de la toxoplasmose cérébrale chez les patients infectés par le VIH à risque de développer une toxoplasmose et intolérants au cotrimoxazole. Je prépare le cahier d'observation à partir du protocole rédigé par les membres du conseil scientifique, mets en place le suivi des informations nécessaires à l'organisation pratique de l'essai, et rédige le cahier des charges pour l'informatisation et le contrôle de qualité des données. Je présente les résultats intermédiaires à mi-parcours du projet au Comité Indépendant de Surveillance qui décide de l'arrêt de l'essai. En effet, le rythme très faible des inclusions ne permet pas d'atteindre les objectifs de recrutement. La prescription des antirétroviraux retarde le passage au stade SIDA et diminue donc la survenue des infections opportunistes comme la toxoplasmose. Les intolérants au cotrimoxazole sont de moins en moins nombreux et il est raisonnable de stopper l'essai.

Le second essai thérapeutique auquel je participe est conduit en Afrique (ANRS 059). Il s'agit d'un essai comparatif, multicentrique, randomisé, et en double insu contre placebo. Son objectif est d'étudier l'efficacité et la tolérance d'une prophylaxie des événements morbides infectieux autres que la tuberculose, par le cotrimoxazole, débutée au stade pauci-symptomatique de l'infection par le VIH-1, chez des sujets dépistés en consultation ambulatoire dans des structures de soins extrahospitalières, les Formations Sanitaires Urbaines d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. Je collabore avec

² Agence Nationale de Recherche sur le SIDA

une équipe de Côte d'Ivoire pour la rédaction du cahier d'observation, et je travaille sur l'organisation pratique de l'essai ainsi que sur les aspects informatiques. Les résultats intermédiaires montrent une efficacité du traitement testé. Par conséquent le Comité Indépendant de Surveillance décide de l'arrêt de l'essai avant sa fin programmée. J'effectue alors l'analyse finale des données et participe à la rédaction de l'article princeps [A11]. Un travail spécifique sur l'observance du traitement de l'essai les facteurs qui lui sont associés a été mené ultérieurement [A30].

Cette expérience de recherche clinique est riche en enseignements, d'un point de vue méthodologique mais aussi humain. Le fait que le thème porte sur le VIH, au moment où la pression des associations de malades est forte, porte toute l'équipe à travailler vite et bien, pour proposer les meilleures associations de traitements.

4. Les maladies professionnelles

En 2000, Martine Hours, qui vient de la composante universitaire de l'Umrestte, me propose de participer à une étude dont l'objectif est de rechercher un éventuel excès de mortalité par cancer parmi les anciens salariés de Rhône-Poulenc Textile de Besançon et, le cas échéant, de rechercher l'existence d'une relation entre un tel excès et un secteur particulier de l'entreprise. Il s'agit d'une étude de cohorte rétrospective entre 1968 et 1997. Un groupe de travail composé de médecins du travail de l'usine, d'anciens salariés et de d'hygiénistes, estime les expositions à un possible cancérigène présent dans l'usine pour chaque poste de travail et selon la période. Pour répondre à la question posée, je prends en compte toutes les expositions du salarié au cours de sa vie professionnelle au sein de l'usine. Les résultats ne démontrent pas l'existence d'un excès de mortalité par cancer des travailleurs de cette cohorte par rapport à la population de Franche-Comté. Un risque de cancer de la vessie de l'ordre de 2 pouvait être mis en évidence avec la taille de l'échantillon. Je ne montre pas d'excès de mortalité par cancer de la vessie, toutefois nous concluons à l'existence vraisemblable d'un excès de risque de cancer (peut-être de plusieurs types) dans le groupe des « monteurs à chaud » [A37].

Chapitre 6. Perspectives au sein de l'Umrestte

Le programme de recherche de l'unité pour la période 2016-2020, tel que nous l'avons présenté au Haut Conseil de l'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, s'articule autour de deux thèmes de recherche, un premier thème sur [les facteurs de risque dans les champs du transport, de l'environnement et du travail](#), avec un sous-thème sur les facteurs individuels (alcool et stupéfiants, vieillissement, hiérarchisation des causes), et un second sous-thème sur les facteurs contextuels (inégalités sociales, exposition au bruit, basses fréquences sonores et infrasons, exposition aux CEM spécificités du risque accidentel chez l'homme au travail, risques psychosociaux, caractérisation des expositions professionnelles). Le second thème développé est [la prise en charge et le devenir des victimes](#), avec un sous-thème sur l'évaluation de la prise en charge du traumatisme, un second sur l'amélioration de la connaissance des lésions et des conséquences de l'accident par le développement d'indicateurs, et un troisième sur l'amélioration de la connaissance sur l'impact socioéconomique, professionnel et affectif de l'accident et sur le devenir des victimes. Ces thématiques sont soutenues par la mise en œuvre [d'outils et de méthodologies](#) développés ou adaptés spécifiquement pour atteindre ces objectifs.

Le Comité d'experts du HCERES a souligné la pertinence de nos thématiques et leurs points forts incontestables, comme par exemple l'existence du Registre des victimes d'accidents dans le département du Rhône. Mais il a aussi souligné notre besoin de renforcer l'équipe par des recrutements et par un accueil plus important de doctorants et post-doctorants. La démographie de la composante Ifsttar de notre unité est en effet peu favorable, avec plusieurs départs à la retraite en prévision. Nous avons beaucoup œuvré ces dernières années pour un rapprochement avec une autre structure de recherche de façon à avoir une meilleure visibilité de nos recherches au plan national et international, et la traumatologie accidentelle constituait un thème privilégié dans ces démarches. Nous avons signé en 2015 une convention de collaboration avec l'équipe d'Emmanuel Lagarde à Bordeaux, et envisagé une fusion de nos unités. Les difficultés administratives n'ont pas permis un rapprochement sous cette forme, ni sous une forme plus simple qui était la création d'une Equipe de Recherche Commune. Les experts ont cependant noté dans leurs recommandations en 2015 que «quelle que soit l'issue du dossier « fusion », ils recommandaient un rapprochement avec l'équipe de Bordeaux sur les thématiques complémentaires». Nous avons prolongé pour deux ans notre convention de collaboration.

Dans ces conditions, l'avenir de l'unité et sa gouvernance interfèrent directement dans mes perspectives de recherche. En 2018, Martine Hours, directrice de l'unité, part à la retraite. L'équipe de direction de notre unité mixte est composée d'un directeur et de deux directeurs adjoints, les deux composantes ifsttar et universitaire étant représentées. Au printemps 2018, Barbara Charbotel, actuellement directeur adjoint (composante universitaire) remplacera Martine Hours à la direction, et je devrais prendre une place de directeur adjoint (composante Ifsttar), avec Jean-Louis Martin qui restera directeur adjoint pour une période indéterminée à ce jour (départ à la retraite non daté).

Par conséquent, j'affiche des perspectives de recherche sur les deux thèmes de notre projet qui prend en compte les recommandations des experts du HCERES et ces nouvelles responsabilités administratives à partir de l'année prochaine. Enfin ces perspectives s'inscrivent à effectif constant,

car malgré un contexte de restriction de postes de titulaires, nous accentuerons nos efforts pour maintenir et développer une force de travail en adéquation avec nos objectifs.

1. Le vieillissement de la population et l'insécurité routière

La question du vieillissement de la population et de l'insécurité routière entre dans le Thème 1. Facteurs de risque dans les champs du transport, de l'environnement et du travail de notre projet quinquennal, et plus précisément dans le sous-thème des facteurs de risque individuels. Ils ont été jugés pertinents par le Comité d'experts du HCERES.

Du point de vue de l'Ifsttar, ces travaux contribuent à l'axe 1 du nouveau COP (2017-2020), «Transporter efficacement et se déplacer en sécurité », et plus précisément à l'objectif 2 qui est de « Renforcer la sécurité et l'ergonomie des déplacements, pour une mobilité sereine et respectueuse de la vie humaine » et au sous-objectif 2.2 « Facteurs d'insécurité routière : hiérarchisation des causes d'accidents (techniques d'inférence causale), étude des phénomènes de distraction, d'inattention, d'adhérence, d'impact des aménagements, recherches sur les 2RM ».

Enfin au plan national et institutionnel, les travaux sur ce thème s'inscrivent dans la Loi 2015-1776 du 28 décembre 2015 relative à l'adaptation de la société vieillissante et qui vise à organiser les effets de l'allongement de la vie et du vieillissement des personnes âgées, notamment pour permettre l'accessibilité et la sécurité de leurs déplacements.

1.1 L'autorégulation de l'activité de conduite en tant que facteur de sécurité routière

Je pense qu'il est nécessaire de poursuivre les travaux engagés sur l'autorégulation de l'activité de conduite en tant que facteur favorisant la sécurité routière. Je souhaite pour cela étudier l'impact des événements de vie dans cette autorégulation. Cet aspect touche le troisième niveau d'autorégulation possible proposé par Molnar et collaborateurs et qui touche les motivations de la personne (Molnar et al. 2013). Des événements de santé pour soi ou ses proches peuvent en effet primer sur l'effet de l'auto-estimation cognitive telle que nous l'avons étudiée. Le fait de s'occuper d'un proche, de vivre l'entrée en institution d'un proche, d'avoir une baisse de revenus, sont autant d'événements de vie qui peuvent aussi modifier les habitudes de déplacement, en induisant une baisse ou une augmentation des kilomètres conduits. J'encadre actuellement sur ce sujet une étudiante en M2 de Santé publique - Épidémiologie et Gestion des Risques à Lyon 1. L'étudiante s'appuie sur les données de la cohorte Safe Move.

Je poursuis aussi ma collaboration avec Laurence Paire-Ficout et Chantal Chavoix sur l'autorégulation de l'activité de conduite avec une approche plus expérimentale dans le projet Safe Move. Il s'agit d'une part d'étudier finement l'autorégulation tactique en situation de conduite, en fonction des profils d'auto-estimation cognitive et de conduite. Par ailleurs un test de marche en situation de simple et double tâche a été réalisé chez les 145 personnes qui ont participé au volet expérimental. Dans une population âgée, on s'attend, en situation de double tâche, à un ralentissement de la vitesse de marche afin d'éviter la chute. L'hypothèse est donc qu'en situation de conduite, ceux qui priorisent la marche vont cumuler moins de pénalités sur des aspects sécuritaires.

Enfin s'agissant toujours de la cohorte Safe Move, il est nécessaire de poursuivre son suivi au-delà des deux ans et demi pour observer des changements dans les habitudes de conduite et valider l'hypothèse principale du projet selon laquelle une régulation de l'activité de conduite est possible si les personnes ont une correcte estimation de leurs capacités, cognitives et de conduite. Je souhaite

envoyer un nouvel auto-questionnaire aux participants 5 ans après la visite initiale. Ce nouveau suivi sera l'occasion d'explorer une dimension jusque-là peu explorée. Il est possible que les conducteurs sur-estimateurs soient dans une forme de déni de leur vieillissement qui les pousse à conduire au-delà de leurs capacités. Toutefois ces personnes se retrouvent aussi fréquemment en limite de leurs réelles capacités, et donc dans un inconfort cognitif qui peut lui aussi se révéler déterminant dans l'autorégulation de l'activité de conduite.

Au final, l'ensemble du projet peut apporter des arguments essentiels en faveur de mesures permettant d'améliorer la conscience qu'ont les personnes de leurs déficits et des répercussions de ces derniers sur la régulation de l'activité de conduite. En plus d'apporter des éléments de connaissance sur le processus de régulation de la conduite dans le vieillissement, les résultats en lien avec les autres tâches du projet Safe Move peuvent aider au développement d'assistances à la conduite et de programmes d'intervention, en particulier des programmes d'entraînement permettant de ramener les personnes à une estimation de leurs capacités cognitives et de conduite en adéquation avec leurs capacités réelles. Pour financer ce nouveau suivi de la cohorte, j'ai rédigé une demande de financement auprès de la DSCR, j'envisage de déposer d'autres demandes auprès de la fondation MAIF et de l'ANR, cette dernière encourageant fortement un nouveau suivi dans ses recommandations de fin de projet. La demande déposée comprendra le financement d'un Ingénieur d'études.

1.2 Les chutes des personnes âgées

Depuis plusieurs années, j'inscris dans mes projets celui de travailler sur le risque de chute chez les personnes âgées. Les chutes représentent en effet, tous âges confondus, la première cause de décès par Accident de la vie Courante, et sa prévalence augmente fortement avec l'âge (Lasbeur and Thelot 2017). Dans le cadre de l'animation scientifique menée au sein du département TS2, le thème des chutes est apparu comme un thème qui pouvait fédérer l'ensemble des laboratoires du département. Un groupe d'environ 25 personnes s'est donc constitué pour réfléchir à la construction d'un projet pluridisciplinaire sur les freins à la mobilité des personnes âgées, et la chute ainsi que la peur de chuter, souvent très liées, en seraient les principaux facteurs. Au sein de l'unité, nous pouvons contribuer à plusieurs volets de ce projet très multidisciplinaire. Les données de l'Observatoire des Traumatismes mis en place dans l'Unité vont permettre de réaliser un premier travail de quantification des enjeux liés aux chutes des personnes âgées. Pour ce qui est des facteurs de risque de chute, les données de la littérature pointent l'âge, le sexe féminin, les troubles de l'équilibre et de la marche, la diminution de la force musculaire, les déficiences cognitives, les troubles de la vision, et la prise de médicaments sédatifs-hypnotiques (Dargent-Molina and Breart 1995). Les mêmes auteurs montrent que des facteurs différents existent selon la gravité des blessures liées à la chute, et en particulier l'efficacité d'un réflexe de protection. Le laboratoire de biomécanique pourra apporter un éclairage intéressant sur cette notion de réflexe de protection, mais aussi sur les capacités de récupération en cas de déséquilibre, sujets qu'ils explorent depuis plusieurs années.

Un point m'intéresse particulièrement dans cette recherche car elle touche à nouveau à la notion d'auto-estimation. Quelle est la perception du risque de chute au regard de facteurs objectifs de santé, qu'ils soient physiologiques ou non ? Dans un article du BMJ où sont explorées les disparités entre le risque perçu et le risque réel de chute, les auteurs soulignent la part importante de personnes qui sur- ou sous-estiment leur risque de chute (Delbaere, et al. 2010). Des facteurs

psychologiques sont associés à cette erreur de jugement et sont très liés à la survenue d'une chute. Les auteurs concluent à la nécessaire prise en compte de l'auto-estimation du risque de chute dans les programmes de prévention, mais aussi sur la nécessité de mener des travaux complémentaires pour tester les seuils proposés et étendre l'étude à d'autres groupes de personnes particulièrement à risque de chute, comme celles qui présentent une maladie de Parkinson. Mon implication peut varier selon le nombre de personnes susceptibles de travailler sur le sujet. A minima, je peux contribuer à l'estimation des enjeux à partir des données de l'Observatoire des Traumatismes, et proposer à mes collègues des sciences cognitives de travailler sur l'auto-estimation du risque, et suivre ainsi leurs travaux expérimentaux. Je peux m'impliquer davantage en apportant un volet épidémiologique à cette question de recherche. J'ai contacté les responsables de la cohorte 3C car les questions portant sur la chute et la peur de chuter ont été posées tout au long du suivi auprès de 10 000 personnes âgées. Ces futurs travaux pourraient faire l'objet d'une codirection de thèse avec Catherine Helmer, en charge de la cohorte à Bordeaux.

1.3 Les conséquences de l'arrêt de la conduite

La question des répercussions de l'arrêt de la conduite automobile chez les conducteurs âgés me tient à cœur et tout comme le projet précédent, il pourra être mené en renforçant l'équipe. Les enjeux sont réels car la perte d'autonomie des personnes âgées après un arrêt de la conduite peut induire des effets majeurs sur la santé. Une récente revue de la littérature sur cette question montre que sur cinq études de cohorte, quatre montrent un sur-risque de dépression après l'arrêt de la conduite par rapport à la poursuite de l'activité de conduite (Chihuri, et al. 2016). La plupart des personnes qui cessent de conduire le font parce qu'elles ne se sentent pas bien, qu'elles ont un problème de santé, ou qu'elles ressentent une diminution de leurs capacités cognitives ou de conduite. Mais plusieurs types de risque, en plus du risque de dépression, entrent en compétition dans ce devenir par rapport aux personnes qui continuent de conduire : un risque de décès, un risque de démence, ou encore un risque de ne plus accepter le suivi dans la cohorte. Dans une étude publiée en 2001, Fonda et collaborateurs analysent le risque de dépression après l'arrêt de la conduite en prenant en compte deux de ces risques compétitifs : le risque d'être perdu de vue et le risque de décès (Fonda, et al. 2001). Avec un modèle de régression logistique multinomial, les auteurs montrent qu'il existe un sur-risque significatif de dépression après l'arrêt de la conduite. Mais à ma connaissance, il n'existe pas d'étude à ce jour qui intègre la démence dans les risques en compétition. Or il existe une association entre dépression et risque de démence (Xu, et al. 2015). Une des explications possibles est que plusieurs années avant le diagnostic de démence, les personnes percevaient des déficits cognitifs suffisamment forts pour générer une symptomatologie dépressive à l'idée d'évoluer vers un processus démentiel. Il existe aussi une hypothèse biologique qui expliquerait inversement un risque de dépression plus fort chez les personnes démentes. Je pense qu'une réflexion approfondie sur le modèle statistique est nécessaire. Les données de la cohorte 3C avec maintenant 15 années de suivi offrent une occasion unique d'explorer cette question, et peut constituer un sujet de thèse intéressant à mener en collaboration avec les statisticiens méthodologistes de notre unité.

2. La prévention tertiaire des accidents de la route

Cette question entre dans le **Thème 2 de notre projet 2016-2020. Prise en charge et le devenir des victimes**. L'impact des accidents est un enjeu de santé publique majeur dont il est important d'en mesurer l'ampleur et pour lequel des mesures sont attendues pour en réduire les conséquences. Ces recherches devraient s'articuler autour de deux projets phares, un premier sur l'amélioration des connaissances pour mieux prévenir les séquelles liées aux accidents de la route, et un second qui propose une intervention visant à réduire le stress post-traumatique après un accident. Le premier projet contribuera au sous-thème 2 sur la connaissance des lésions et des conséquences de l'accident par le développement d'indicateurs. Le second projet contribuera au sous-thème 1 sur l'évaluation de la prise en charge du traumatisme et au sous-thème 2 précédemment cité.

Dans le premier projet, il s'agit de mesurer le risque pour autrui attribuable à des catégories d'acteurs de l'insécurité routière, et cela en s'appuyant sur mes précédents travaux menés chez les conducteurs âgés. L'insécurité routière a cette spécificité en matière de santé publique, qui est d'entraîner un risque pour les autres. Un risque de décès certes, mais pas uniquement car le risque de séquelles graves pour les autres est un enjeu à estimer. Dans le projet VOIESUR, les données des procès-verbaux ont été couplées à celles du Registre des victimes du Rhône pour les accidents mortels et pour tous les accidents corporels du Rhône enregistrés par les forces de l'ordre. A partir du bilan lésionnel et des séquelles prédites, un nombre d'années de vie avec incapacité peut être réparti en fonction de la responsabilité des acteurs de l'accident corporel. Tout comme pour les années de vie perdues, il est intéressant de rechercher des associations entre ce nouvel indicateur de dangerosité et le type de défaillance du conducteur d'une part, et les caractéristiques de l'usager et de l'accident d'autre part. Ce travail pourra être réalisé dans le cadre d'un M2. Les résultats devraient fournir des informations essentielles pour élaborer des politiques de prévention qui prennent en compte le risque pour autrui.

Le second projet est mené en étroite collaboration avec l'équipe d'Emmanuel Lagarde à Bordeaux. Depuis quelques années, un groupe de chercheurs canadiens, danois, suédois, et français réfléchit au moyen de réduire les conséquences des traumatismes. Au sein de notre laboratoire, Martine Hours en fait partie, et j'ai rejoint récemment le groupe en prévision de son départ à la retraite. Nous prévoyons d'y intégrer aussi deux chercheurs du Lescot, Laurence Paire-Ficout et Christophe Jallais. Ce projet s'appuie sur une étude menée il y a quelques années par E Lagarde et son équipe (PERICLES 2007-2011) au service d'urgence de l'hôpital Pellegrin de Bordeaux. Plus de 500 patients présentant un traumatisme crânien modéré et 900 patients sans blessure à la tête ont été inclus dans l'étude. Cette dernière montre que 3 mois après leur passage au service d'urgences, près de 20 % des personnes dans les deux groupes souffrent d'un syndrome post commotionnel (DSM-IV), et que celui-ci n'est pas lié à la gravité des blessures, mais au stress ressenti lors du séjour dans le service d'urgence (Laborey, et al. 2014; Lagarde, et al. 2014b). Dans l'étude ESPARR, la prévalence du stress post-traumatique après un accident de la route est proche de 1000 personnes par an dans le département du Rhône [4]. Des symptômes non spécifiques s'installent progressivement : maux de tête, irritabilité, troubles du sommeil, troubles de concentration et/ou de mémoire, intolérance au stress quotidien (Laborey, et al. 2014 ; Lagarde, et al. 2014a). Les conséquences de ce stress sont multiples, il va perturber la vie quotidienne en particulier la vie familiale du blessé pendant de longs mois et parfois plusieurs années, générer de nombreuses consultations médicales et soins et parfois

empêcher le retour au travail (Chossegros, et al. 2011; Hours, et al. 2014; O'Donnell, et al. 2013; Tournier, et al. 2016). Compte de tenu de l'ampleur du phénomène, une réduction, même faible, de la prévalence du stress post traumatique aurait un impact significatif de santé publique et de coût économique. Tout comme dans l'étude PERICLES, d'autres travaux dans la littérature suggèrent que le stress vécu lors de l'événement joue un rôle déterminant, que ce soit chez des traumatisés crâniens (Hou, et al. 2012), dans les autres traumatismes (Rosenbloom, et al. 2013; Wiseman, et al. 2015), ou pour des pathologies non traumatiques (Kongsted, et al. 2008). Empêcher le stress immédiat de s'inscrire dans la mémoire à long terme permettrait d'éviter ce passage au syndrome de stress post-traumatique (Chamberlain, et al. 2009; Holm, et al. 2008). Une intervention précoce pourrait court-circuiter cette transcription dans la mémoire à long terme et éviter la chronicisation (Kearns, et al. 2012; Rothbaum, et al. 2012). Plusieurs options thérapeutiques ont été explorées par le consortium de chercheurs. Elles vont de l'administration précoce d'hydrocortisone, à des thérapies comportementales telles que des séances de « réassurance », d'hypnose, ou encore une désensibilisation des mouvements oculaires et retraitement (EMDR). L'objectif principal du projet à venir est de réduire le stress post traumatique par une intervention précoce dans les services d'urgence chez des personnes qui ont subi un traumatisme, et cela dans le cadre d'un essai thérapeutique randomisé. Une étude de faisabilité réalisée auprès de 130 patients est actuellement menée au service d'urgence de l'hôpital Pellegrin de Bordeaux. Son objectif est de tester la possibilité d'intervenir précocement dans un service hospitalier d'urgence : acceptabilité par les équipes de soins des intervenants, acceptabilité de la proposition d'intervention par les blessés. Deux interventions sont testées par rapport à une prise en charge habituelle : l'EMDR et la réassurance. Les premiers résultats montrent que le protocole est réalisable dans un service d'urgence. La faisabilité d'un nouveau contact 1 mois après l'intervention est en cours d'évaluation. Les résultats sont attendus d'ici mars 2017.

A Lyon, nous entrons dans la phase où nous allons tester la faisabilité de l'étude dans les hôpitaux lyonnais dont l'organisation dans les services d'urgence peut s'avérer sensiblement différente. Une intervention dans les centres d'urgence est tout à fait innovante et elle nécessite de connaître les différents contextes de prise en charge. Pour cela, un état des lieux sera réalisé dans les deux principaux services d'urgence lyonnais. Des réunions de coordination entre les différents services impliqués, bordelais et lyonnais sont prévues. Le protocole en France sera finalisé. La dernière phase concerne la conduite de l'essai thérapeutique randomisé. Les interventions que testeront les partenaires du consortium restent à définir dans le protocole général. Plusieurs demandes de financement seront déposées, ANR et PHRC national.

3. Conclusion

Il s'agit là de perspectives à court et moyen termes car notre objet de recherche au sein de l'unité devrait considérablement évoluer dans les prochaines décennies. Le véhicule autonome va modifier en profondeur nos questionnements. Il nous faut rester ouverts à ces changements technologiques et essayer d'anticiper leurs effets sur la santé. Je viens d'être nommée pour trois ans au Comité des experts placé auprès du Délégué interministériel à la sécurité routière et du Président du Conseil national de la sécurité routière. Mon expertise sur le vieillissement et l'insécurité routière est attendue au sein de ce groupe, mais je serai le relai de l'ensemble des recherches menées au sein de l'unité, notamment à partir du registre du Rhône. Mon implication dans ce comité sera, je n'en doute

pas, l'occasion de participer à un groupe de réflexion de prospective sur les enjeux de demain et sur les apports de l'épidémiologie dans l'évaluation de ces enjeux.

Chapitre 7. Travaux, formation à la recherche et responsabilités scientifiques

1. Références de mes travaux

1.1 Articles dans des revues avec comité de lecture répertoriées dans les BDI

- [A 1]. Berr C, Lafont S, Debuire B, Dartigues JF, Baulieu EE. Relationships of dehydroepiandrosterone sulfate in the elderly with functional, psychological, and mental status, and short-term mortality: a French community-based study. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Nov 12 1996, 93(23): 13410-5.
- [A 2]. Fabrigoule C, Lafont S, Letenneur L, Rouch I, Dartigues JF. Wais similarities substest performances as predictors of dementia in elderly community residents. *Brain and Cognition*. 1996, 30: 323-6.
- [A 3]. Nejari C, Tessier JF, Letenneur L, Lafont S, Dartigues JF, Salamon R. Determinants of chronic bronchitis prevalence in an elderly sample from south-west of France. *Monaldi Arch Chest Dis*. Oct 1996, 51(5): 373-9.
- [A 4]. Lacour A, Mamelle N, Lafont S, Bazin B, Dubuc M, Exbrayat C, Trugeon A, Grosclaude P. Use of mammography as a breast cancer screening tool in six districts in France. *Cancer Detect Prev*. 1997, 21(5): 460-70.
- [A 5]. Locard E, Mamelle N, Munoz F, Remontet L, Cavelier R, Lafont S. [Is it possible to improve sleep in children? A research on health education in nursery schools]. *Arch Pediatr*. Dec 1997, 4(12): 1247-54.
- [A 6]. Orgogozo JM, Dartigues JF, Lafont S, Letenneur L, Commenges D, Salamon R, Renaud S, Breteler MB. Wine consumption and dementia in the elderly: a prospective community study in the Bordeaux area. *Rev Neurol (Paris)*. Apr 1997, 153(3): 185-92.
- [A 7]. Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Rainville C, Orgogozo JM, Dartigues JF, Fabrigoule C. Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol*. Apr 1998, 20(2): 280-5.
- [A 8]. Amieva H, Lafont S, Rainville C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Analysis of Inhibitory Dysfunction in Patients with Alzheimer's Disease and Normal Elderly Adults in Two Verbal Tasks. *Brain and Cognition*. 1998, 37(1): 58-60.
- [A 9]. Lemeshow S, Letenneur L, Dartigues JF, Lafont S, Orgogozo JM, Commenges D. Illustration of analysis taking into account complex survey considerations: the association between wine consumption and dementia in the PAQUID study. *Personnes Ages Quid. Am J Epidemiol*. Aug 1 1998, 148(3): 298-306.
- [A 10]. Amieva H, Lafont S, Dartigues JF, Fabrigoule C. Selective Attention in Alzheimer's disease: Analysis of errors in Zazzo's Cancellation Task. *Brain and Cognition*. 1999, 40(1): 26-9.
- [A 11]. Anglaret X, Chene G, Attia A, Toure S, Lafont S, Combe P, Manlan K, N'Dri-Yoman T, Salamon R. Early chemoprophylaxis with trimethoprim-sulphamethoxazole for HIV-1-infected adults in Abidjan, Cote d'Ivoire: a randomised trial. Cotrimo-CI Study Group. *Lancet*. May 1 1999, 353(9163): 1463-8.
- [A 12]. Helmer C, Damon D, Letenneur L, Fabrigoule C, Barberger-Gateau P, Lafont S, Fuhrer R, Antonucci T, Commenges D, Orgogozo JM, Dartigues JF. Marital status and risk of Alzheimer's disease: a French population-based cohort study. *Neurology*. Dec 10 1999, 53(9): 1953-8.
- [A 13]. Lafont S, Barberger-Gateau P, Sourgen C, Dartigues JF. [Relation between global cognitive performance and dependency evaluated by the AGGIR scale]. *Rev Epidemiol Sante Publique*. Mar 1999, 47(1): 7-17.
- [A 14]. Raynaud-Simon A, Lafont S, Berr C, Perin L, Meaume S, Lesourd B, Moulias R, Debuire B, Dartigues JF, Baulieu EE, Le Bouc Y. Plasma IGF I levels in the elderly: relation to DHEAS, nutrition, health and mortality. *Gerontology*. 2001, 47: 198-206.

- [A 15]. Mazat L, Lafont S, Berr C, Debuire B, Tessier JF, Dartigues JF, Baulieu EE. Prospective measurements of dehydroepiandrosterone sulfate in a cohort of elderly subjects: Relationship to gender, subjective health, smoking habits, and 10-year mortality. *Proceedings of the national academy of sciences of the USA*. **2001**, 98(No 14): 8145-50.
- [A 16]. Cottraux J, Note I, Yao SN, Lafont S, Note B, Mollard E, Bouvard M, Sauteraud A, Bourgeois M, Dartigues JF. A randomized controlled trial of cognitive therapy versus intensive behavior therapy in obsessive compulsive disorder. *Psychotherapy and Psychosomatics*. Nov-Dec **2001**, 70(6): 288-97.
- [A 17]. Auriacombe S, Lafont S, Fabrigoule C, Amieva H, Dartigues JF. Letter and category fluency in normal elderly subjects: a population-based study. *Aging, neuropsychology and cognition*. **2001**, 8 (2): 98-108.
- [A 18]. Raynaud-Simon A, Lafont S, Berr C, Le Bouc Y. Orosomucoïd : a mortality risk factor in elderly people living in the community ? *Clinical nutrition*. **2002**, 21 (1): 45-50.
- [A 19]. Rainville C, Amieva H, Lafont S, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Executive function deficits in patients with dementia of the Alzheimer's type on a tower of London Task. *Archives of clinical neuropsychology*. **2002**, 17: 513-30.
- [A 20]. Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Le Carret N, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Inhibitory breakdown and dementia of the Alzheimer Type : A general phenomenon ? *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. **2002**, 24 (4): 503-16.
- [A 21]. Le Carret N, Lafont S, Mayo W, Fabrigoule C. The effect of education on cognitive performances and its implication on the formation of the 'cognitive reserve'. *Developmental neuropsychology*. **2003**, 23(3): 317-37.
- [A 22]. Le Carret N, Rainville C, Lechevallier N, Lafont S, Letenneur L, Fabrigoule C. Influence of education on the benton visual retention test performance as mediated by a strategic search component. *Brain and cognition*. Nov **2003**, 53(2): 408-11.
- [A 23]. Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, Lafont S, Amieva H, Laurent B, Thomas-Antérion C, Dirson S, Fabrigoule C. Mise en place d'un outil d'évaluation des déficits d'attention en lien avec les capacités de conduite et le risque d'accident dans le vieillissement normal et pathologique : l'approche pluridisciplinaire de SÉROVIE. Recherche Transports Sécurité. **2003**: 177-89.
- [A 24]. Lafont S, Laumon B. Vieillesse et gravité des atteintes lésionnelles des victimes d'accident de la circulation routière. Recherche Transports Sécurité. **2003**, 79: 121-33.
- [A 25]. Martin JL, Lafont S, Chiron M, Gadegbeku B, Laumon B. Différences entre les hommes et les femmes face au risque routier (full text in English on www.e2med.com/resp). *Revue d'épidémiologie et de santé publique*. **2004**, 52: 357-367.
- [A 26]. Lagarde E, Chastang JF, Gueguen A, Chiron M, Coeuret-Pellicier M, Lafont S. Emotional stress and traffic accidents: the impact of separation and divorce. *Epidemiology*. Nov **2004**, 15(6): 762-6.
- [A 27]. Lagarde E, Chiron M, Lafont S. Traffic-ticket-fixing and driving behaviors in a large French working population. *Journal of epidemiology and community health*. **2004**, 58: 562-8.
- [A 28]. Amieva H, Lafont S, Rouch-Leroyer I, Rainville C, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer's disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop test. *Archives of clinical neuropsychology*. Sep **2004**, 19(6): 791-803.
- [A 29]. Lechevallier-Michel N, Fabrigoule C, Lafont S, Letenneur L, Dartigues JF. Normes pour le MMSE, le Test de Rétention Visuelle de Benton, le Set Test d'Isaac (15s. et 60s.), le sous-test des Codes de la WAIS et le Test de Barrage de Zazzo, en fonction de l'âge, du sexe et du niveau d'études, chez des sujets âgés de 70 ans et plus : données de la cohorte PAQUID. *Revue neurologique*. **2004**, 160(11): 1059-1070.
- [A 30]. Gourvellec G, Anglaret X, Touré S, Huët C, Dakoury-Dobo N, Lafont S, N'Dri-Yoman T, Chêne G, Salamon R, pour le groupe de travail ANRS 1203. Observance chez les adultes infectés par le VIH? Etude d'une prophylaxie primaire des infections opportunistes par le cotrimoxazole en Côte d'Ivoire. *La Presse Medicale*. **2004**, 33: 595-600.
- [A 31]. Nabi H, Consoli SM, Chastang JF, Chiron M, Lafont S, Lagarde E. Type A Behavior Pattern, Risky Driving Behaviors, and Serious Road Traffic Accidents: A Prospective Study of the Gazel Cohort. *American journal of epidemiology*. **2005**, 161(9): 864-870.
- [A 32]. Lagarde E, Chastang JF, Lafont S, Coeuret-Pellicier M, Chiron M. Pain and pain treatment were associated with traffic accident involvement in a cohort of middle-aged workers. *Journal of clinical epidemiology*. **2005**, 58(5): 524-31.

- [A 33]. Parmentier G, Chastang JF, Nabi H, Chiron M, Lafont S, Lagarde E. Road mobility and the risk of road traffic accident as a driver: the impact of medical conditions and life events. *Accident Analysis and Prevention*. **2005**, 37(6): 1121-1134.
- [A 34]. Nabi H, Consoli SM, Chiron M, Lafont S, Chastang JF, Zins M, Lagarde E. Aggressive/hostile personality traits and injury accidents: an eight-year prospective study of a large cohort of French employees- the GAZEL cohort. *Psychol Med*. Mar **2006**, 36(3): 365-73.
- [A 35]. Nabi H, Gueguen A, Chiron M, Lafont S, Zins M, Lagarde E. Awareness of driving while sleepy and road traffic accidents: prospective study in GAZEL cohort. *British medical journal*. Jul 8 **2006**, 333(7558): 75.
- [A 36]. Nabi H, Salmi RL, Lafont S, Chiron M, Zins M, Lagarde E. Attitudes associated with behavioral predictors of serious road traffic crashes: results from the GAZEL cohort. *Injury Prevention*. **2007**, 13(1): 26-31.
- [A 37]. Hours M, Févotte J, Lafont S, Bergeret A. Cancer mortality in a synthetic spinning plant in Besancon, France. *Occupational and Environmental Medicine*. Sep **2007**, 64(9): 575-81.
- [A 38]. Lafont S, Laumon B, Helmer C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*. **2008**, 21(3): 171-182.
- [A 39]. Lafont S, Amoros E, Gadegbeku B, Chiron M, Laumon B. The impact of driver age on lost life years for other road users in France: a population based study of crash-involved road users. *Accident Analysis and Prevention*. **2008**, 40: 289-294.
- [A 40]. Chiron M, Bernard M, Lafont S, Lagarde E. Tiring job and work related injury road crashes in the GAZEL cohort. *Accident Analysis and Prevention*. **2008**, 40(3): 1096-1104.
- [A 41]. Constant A, Salmi LR, Lafont S, Chiron M, Lagarde E. The recent dramatic decline in road mortality in France: how drivers' attitudes towards road traffic safety changed between 2001 and 2004 in the GAZEL cohort. *Health Educ Res*. **2008**, 23(5): 848-858.
- [A 42]. Bhatti JA, Constant A, Salmi R, Chiron M, Lafont S, Zins M, Lagarde E. Impact of retirement on risky driving behaviors and attitudes toward road safety among a large cohort of French drivers (the GAZEL cohort). *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*. **2008**, 34(4): 307-315.
- [A 43]. Amoros E, Martin JL, Lafont S, Laumon B. Actual incidences of road casualties, and their injury severity, modelled from police and hospital data, France. *Eur J Public Health*. Aug **2008**, 18(4): 360-5.
- [A 44]. Constant A, Salmi R, Lafont S, Chiron M, Lagarde E. Road casualties and changes in risky driving behavior in France between 2001 and 2004 among participants in the GAZEL cohort. *American Journal of Public Health*. **2009**, 99(7): 1247-1253.
- [A 45]. Amieva H, Le Goff M, Stoykova R, Lafont S, Ritchie K, Tzourio C, Fabrigoule C, Dartigues J. Trail Making Test A et B (version sans correction des erreurs) : normes en population chez des sujets âgés, issues de l'étude des trois Cités. *Revue de Neuropsychologie*. **2009**, 1(3): 210-20.
- [A 46]. Lafont S, Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, Thomas-Antérion C, Laurent B, Fabrigoule C. The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best indicator of the risk of impaired driving in Alzheimer disease and normal aging. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. **2010**, 29: 154-163.
- [A 47]. Lafont S, Gabaude C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres : étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2005. *Le Travail Humain*. **2010**, tome 73(n°1): 75-92.
- [A 48]. Constant A, Lafont S, Chiron M, Zins M, Lagarde E, Messiah A. Failure to reduce drinking and driving in France: a 6-year prospective study in the GAZEL cohort. *Addiction*. **2010**, 105(1): 57-61.
- [A 49]. Constant A, Encrenaz G, Zins M, Lafont S, Chiron M, Zins M, Lagarde E, Messiah A. Why drivers start drinking and driving - A prospective study over 6-year period in the GAZEL cohort. *Alcohol and Alcoholism*. Advance access published september 1 **2011**, 46(6): 729-733.
- [A 50]. Fabrigoule C, Clément J, Coquillat A, Laumon B, Lafont S. Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors. *La revue de Gériatrie*. 2012, 37: 707-718.
- [A 51]. Lafont S, Basaglia-Pappas S, Laurent B. Prédire le risque de la conduite automobile chez le sujet âgé déficitaire : est-ce possible ? Douleur et Analgésie. **2013**, 26 supp1 S3-S11.
- [A 52]. Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Lafont S. Automobile driving in seniors: Factors

affecting driving restriction in men and women. *Journal of American Geriatrics Society*. **2014**, 62(11): 2071-8.

- [A 53]. Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. *La Presse Medicale*. **2015**, 44: 1034-1041.
- [A 54]. Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Berr C, Rouaud O, Auriacombe S, Lafont S. Gender effect on driving cessation in pre-dementia and dementia: results of the 3C population-based study. *International journal of Geriatric Psychiatry*. August 23 **2016**: 10.
- [A 55]. Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, Lafont S, Thomas-Antérion C, Laurent B. The role of navigation instruction at intersections for older drivers and those with early Alzheimer's disease. *Accident Analysis and Prevention*. November **2016**, 96: 249-254.
- [A 56]. Lafont S, Mintsá-Eya C, Paire-Ficout L, Coquillat A, Chavoix C, Fabrigoule C. Cognitive misestimation in older drivers: profiles of over- and under-estimators *Plos One*. Soumis

A soumettre très prochainement

- [ASoum 1]. Paire-Ficout L, Lafont S, Conte F, Coquillat A, C F, Ankri J, Blanc C, Gabel C, Morrone I, Novella JL. A naturalistic driving approach to investigate tactical self-regulation behavior in early Alzheimer Disease: driveCog project. *Alzheimer & Dementia*.
- [ASoum 2]. Paire-Ficout L Lafont S, Fabrigoule C, Chavoix C. Relationships between cognitive and driving self-awareness among healthy older drivers: Safe Move study. *Journal of the American Geriatrics Society*
- [ASoum 3]. Grasset L, Hours M, Tournier C, Chossegras L, Charnay P, Lafont S. Age effect on quality of life one year after a road accident: Results from the ESPARR study. *Scandinavian Journal of Public Health*

1.2 Articles dans des revues nationales sans comité de lecture

Chiron M, Gadegebeku B, Ndiaye A, Lafont S, Martin JL. Accidents de rollers, skate-boards, trottinettes : les victimes et leurs lésions. *Le concours médical*. 2003, 25: 1437-43.

Lafont S, Fabrigoule C. Intérêt de la neuropsychologie dans le processus d'arrêt de la conduite automobile. *Abstract Alzheimer*. janvier **2009**.

Lafont S. MG-CogCAPA. Troubles cognitifs des conducteurs âgés : les médecins généralistes au coeur du système de détection. *Info predict* mars **2010**, 20: 10-11.

Lafont S, Fabrigoule C. Personnes âgées, conduite automobile, cognition et risque d'accident. *Mémoire actualités*. **2010**, 6: 4.

Lafont S, Clément J, Laumon B, Fabrigoule C. Détection en médecine générale de troubles cognitifs pouvant interférer avec la conduite automobile chez des personnes âgées de 70 ans et plus : premiers résultats de l'étude MG-CogCAPA. *Revue Automobile Médicale*. sept/oct **2010**, N° 493: 28-30.

1.3 Conférences invitées

Fabrigoule C, Lafont S. Vieillissement et sécurité routière. *Colloque "Recherche en santé et insécurité routière : bilan et perspectives"*. Journée mondiale de la santé. Paris, 6 avril **2004**.

Chiron M, Laumon B, Martin JL, Lafont S. Hommes et femmes : inégalités face au risque routier. *Colloque Femmes et Sécurité routière*. Sénat, Paris, 31 janvier **2004**; Higié, Vol 21, Mars 2004: 5-6.

Lafont S. Conduite automobile et vieillissement : quand interrompre ? *8ème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés*. Saint-Étienne, 22-25 novembre **2005**.

Lafont S. Symposium Age, aptitude à la conduite et cognition : faisabilité du dépistage en pratique quotidienne. Rationnel de l'étude pilote sur la faisabilité d'un dépistage par le médecin généraliste. *27èmes Journées Annuelles de la Société Française de Gériatrie et Gériologie*. Paris, 14-16 novembre **2006**.

Lafont S, Fabrigoule C. Résultats de l'étude "Conduite et Age". *6ème Congrès GEROSANTE-CIPPEG (Colloque Interdisciplinaire Pluri-professionnel de Prévention et Évaluation en Gériologie)*. Montpellier, 6-7 décembre **2007**.

Lafont S, Fabrigoule C. Résultats de l'étude "Conduite et Age". *6èmes Journées Nationales de Médecine Générale*. CNIT Paris -La Défense, 23-24 novembre **2007**.

Fabrigoule C, Lafont S. Rationnel de l'étude "Conduite et Age". *6ème Congrès GEROSANTE-CIPPEG (Colloque Interdisciplinaire Pluri-professionnel de Prévention et Évaluation en Gériatrie)*. Montpellier, 6-7 décembre 2007.

Fabrigoule C, Lafont S. Rationnel de l'étude "Conduite et Age". *6èmes Journées Nationales de Médecine Générale*. CNIT Paris -La Défense, 23-24 novembre décembre 2007.

Laumon B, Lafont S. Sommeil, attention, vigilance : enjeu et risque pour la société. *Du PREDIT 3 au PREDIT 4, le carrefour de la recherche transport*. Paris, 5-7 mai 2008; <http://www.predit.prd.fr/predit3/publications.html>.

Lafont S. Maladie d'Alzheimer et Conduite Automobile. *9ème Journée annuelle du Forum Alzheimer Rhône-Alpes des Professionnels en relation avec la maladie d'Alzheimer et syndromes apparentés (FARAP)*. Belley, 18 septembre 2009.

Lafont S. Épidémiologie des accidents selon l'âge. *4ème Congrès pluridisciplinaire Route et Médecine*. Paris, 25-26 Novembre 2010.

Lafont S. MG-CogCAPA : Détection en médecine générale des troubles cognitifs pouvant altérer la conduite automobile chez les personnes âgées. Puis participation à la table ronde. *Mi-parcours du Prédit 4*. Bordeaux, 10-12 mai 2011.

Lafont S, Fabrigoule C. Les conducteurs seniors et la sécurité routière : aspects épidémiologiques. *Les vingt-sixième Entretiens du Centre Jacques Cartier. Colloque 13 : Les Aînés et la Sécurité routière « Rester usager de la route en toute sécurité, c'est possible ! »*. Conseil général du Rhône et de la Préfecture, Lyon, 26-27 novembre 2013.

Lafont S. Bilan épidémiologique de l'insécurité routière des personnes âgées. *Journée scientifique du Collège Français de Médecine du Trafic (CFMT)*. Paris La défense, 19 mars 2014.

Fabrigoule C, Lafont S. Identifier et repérer les situations à risque. *Journée scientifique du Collège Français de Médecine du Trafic (CFMT)*. Paris La défense, 19 mars 2014.

Lafont S, Fabrigoule C, Marie Dit Assé L. Vieillesse, Autonomie, Mobilité. Quand penser à l'arrêt de la conduite ? Comment le préparer ? *6e congrès pluridisciplinaire Route et Médecine*. Paris, 27-28 novembre 2014.

Lafont S, Mintsä-Eya C, Coquillat A, Paire-Ficout L, Chavoix C, Fabrigoule C. Epidemiological results about profiles of cognitive over and under estimators. *Seminar on ageing society*. Lindholmen Conference Centre, Göteborg (Sweden), 5 november 2015.

Lafont S, Mintsä-Eya C, Coquillat A, Paire-Ficout L, Chavoix C, Davenne D, Fabrigoule C. Symposium Vieillir et restreindre sa participation sociale et sa mobilité: Profils d'auto-estimation des capacités cognitives des conducteurs âgés et impact sur la régulation de la conduite à deux ans. *5ème colloque international REIACTIS*. Lausanne - Switzerland, 10-12 février 2016.

1.4 Communications avec actes dans un congrès international ou national

Lafont S, Haddak M. Surgravité des lésions des personnes âgées victimes d'accident de la route. *24ème congrès de l'Association des Épidémiologistes de Langue Française*. Lyon, 12-14 octobre 2000.

Marin-Lamellet C, Favre A, Lafont S. Déficiences attentionnelles et capacité de conduite automobile dans le vieillissement normal et pathologique. *24ème Congrès de l'Association des Épidémiologistes de Langue Française*. Lyon, 12-14-octobre 2000.

Lafont S, Laumon B. SEROVIE - Sécurité Routière et Vieillesse : premiers résultats d'une étude interdisciplinaire. *25ème Congrès de l'Association des Épidémiologistes de Langue Française*. Toulouse, 18-20 septembre 2002; *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, 50 - supplément au N°4: 1S83 (abstract).

Hours M, Févotte J, Lafont S, Siruguet O, Deschaseaux E, Jacquot R, Leplay A, Pilorget C, Bergeret A. Analyse des causes de mortalité des salariés de Rhodia-Besançon 1968-1999. *29ème Congrès National de médecine et santé au travail*. Lyon, 31 mai - 2 juin 2006; *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement*. Mai 2006, 67(2): 311-12 (résumé).

Lafont S, Laumon B, Helmer C, Dartigues J, Fabrigoule C. Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *4th International Conference on traffic and Transport Psychology*. Washington DC, August 31-September 4 2008.

Paire-Ficout L, Gabaude C, Bruyas M, Lafont S, Bedoin N, Knoblauch K, Vital-Durand F. The impact of distraction on change detection at intersection: aging effect. *4th International Conference on traffic and Transport*

Psychology. Washington DC, August 31-September 4 **2008**.

Marin-Lamellet C, Lafont S, Paire-Ficout L, Laurent B, Thomas-Antérion C, Fabrigoule C. The impact of attentional and executive impairments on driving abilities in normal aging and Alzheimer disease. *4th International Conference on traffic and Transport Psychology*. Washington DC, August 31-September 4 **2008**.

Fabrigoule C, Lafont S. Validation of cognitive tools related to risk of accident and fitness to drive in normal aging and dementia. RESULTS from the SEROVIE study (SÉcurité ROutiÈre et VIellissement). *21th World Congress of the International Traffic Medicine Association - Safe Mobility Young and Old*. The Hague (Netherlands), 26-29 April **2009**: p 72.

Paire-Ficout L, Gabaude C, Bruyas M, Lafont S, Bedoin N, Vital-Durand F, Knoblauch K. Rôle de l'expérience sur la prise de décision en intersection chez des conducteurs âgés. *Congrès Société Française de Psychologie « Psychologie et enjeux de société »*. Toulouse, 17-19 juin **2009**.

Lafont S, Gabaude C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Older drivers are less dangerous for the other road users in all driving situations. *21th World Congress of the International Traffic Medicine Association - Safe Mobility Young and Old*. The Hague (Netherlands), 26-29 April **2009**: p 98-99.

Gabaude C, Paire-Ficout L, Lafont S, Bedoin N, Knoblauch K, Bruyas M, Vital-Durand F. Relationship between change detection and decision making at left-turn intersections: effects of age and distraction. *21th World Congress of the International Traffic Medicine Association - Safe Mobility Young and Old*. The Hague (Netherlands), 26-29 April **2009**: p 44-45.

Lafont S, Coquillat A, Laumon B, Fabrigoule C. Protocole cognitif en médecine générale pour les conducteurs seniors et évolution de la mobilité à 2 ans. *ADELFSFSP Santé Publique et Prévention*. Bordeaux, 17-19 octobre **2013**.

Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Lafont S. Automobile driving in seniors: factors of driving restriction are different in men and in women. *28th international congress of Applied Psychology*. Paris, 8-13 July **2014**.

Paire-Ficout L, Lafont S, Chavoix C, Conte F, Gabel C, Mintsya-Eya C, Fabrigoule C. Self-estimation of driving performances in older drivers who over or under estimate their cognitive abilities: Safe Move study. *Ageing and Safe Mobility Conference*. Bergisch Gladbach, Germany 27-28 November **2014**.

Lafont S, Chavoix C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Symposium SAFE MOVE: Factors leading to a strong overestimation of cognitive performances in older drivers: first results from a cohort study in France. *28th international congress of Applied Psychology. Symposium « Too old to drive ? The role of self-abilities assessment, training programs and advanced driving assistance systems*. Paris, 8-13 July **2014**.

1.5 Communications orales sans acte dans un congrès international ou national

Le Carret N, Lafont S, Fabrigoule C. Niveau d'études, processus neuropsychologiques et capacité de réserve cognitive. *VI Journée d'étude du vieillissement cognitif*. Bordeaux, 24-25 novembre **2000**.

Marin-Lamellet C, Lafont S. Table ronde : conduite automobile et démence. *Forum Alzheimer Rhône-Alpes des Professionnels*. Bron, 9 novembre **2001**.

Lafont S, Laumon B. Age, sexe et gravité des lésions des victimes d'accident de la route. *6è Conférence mondiale Prévention et Contrôle des Traumatismes*. Montréal, 12-15 mai **2002**.

Lafont S, Amieva H, Marin-Lamellet C, Laumon B, Dartigues JF, Alperovitch A, Fabrigoule C. Les déficits d'attention comme principal facteur de risque d'accident des conducteurs âgés : résultats issus de l'enquête 3C et du projet SEROVIE. *7ème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés*. Paris, 7-10 octobre **2003**; *Revue Neurologique*: 5S55.

Fabrigoule C, Lafont S. Pluridisciplinarité dans l'étude des accidents : conduite automobile et vieillissement. *Cambo 5 - Les accidents, problème de Santé Publique : apport de l'épidémiologie dans une approche pluridisciplinaire*. Cambou les Bains, 19 septembre **2003**.

Hours M, Févotte J, Lafont S, Siruguet O, Deschaseaux E, Jacquot R, Leplay A, Pilorget C, Bergeret A. Analyse des causes de mortalité des anciens salariés de l'usine Rhodiacéta de Besançon : une étude de cohorte 1968-1999. *Congrès de l'Association pour le Développement des Études et Recherches Épidémiologiques sur la Santé et le Travail (ADEREST)*. Bordeaux, 15-17 septembre **2004**.

Lafont S, Fabrigoule C. Performances attentionnelles, démence et accidents de la circulation routière chez des conducteurs âgés : résultats de la cohorte 3C-Bordeaux. *Journée spécialisée INRETS : Vieillesse et conduite automobile*. Bron, 1er décembre **2004**.

Fabrigoule C, Lafont S, Dartigues JF, Alperovitch A. Attention, dementia, future dementia and crashes among older drivers: result of a population study. *12th congress of the International Psychogeriatrics Association*. Stockholm, Sweden, 20-24 septembre **2005**.

Fabrigoule C, Lafont S. Troubles de l'attention dans le vieillissement normal et pathologique. *4ème Réunion Associée au congrès de la Société Ergonomie de Langue Française*. Caen, 14 septembre **2006**.

Chiron M, Charbotel B, Henrottin JB, Davezies P, Hours M, Bernard M, Lafont S, Fort E, Zins M, Lagarde E. Accidents de la route en lien avec le travail : facteurs de risque, groupes à risque. *2° journée d'information santé-travail (JIST) de l'École nationale supérieure des officiers sapeurs-pompiers (ENSOSP)*. Paris, Val de Grâce, **2006**; Compte rendu ENSOSP.

Fabrigoule C, Lafont S. The impact of attentional and executive impairments on driving abilities and driving cessation in normal aging and dementia. *Xth European Congress of Psychology*. Prague, 3-6 juillet **2007**.

Lafont S. Effet de l'âge sur la mortalité et la gravité des blessures des occupants de voiture dans les différentes manoeuvres de conduite. *1er Colloque du Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation : intérêt, résultats et perspectives*. Lyon, Hôtel Dieu, 19 mars **2009**.

Fabrigoule C, Lafont S. Les incontournables pour conduire. *32èmes Journées annuelles de la société française de Gériatrie et de Gérontologie* Paris, 2-4 octobre **2012**.

Lafont S, Mintsá-Eya C, Coquillat A, Paire-Ficout L, Chavoix C, Fabrigoule C. SP1. The cohort study. *Final meeting of the Safe Move project*. Göteborg (Sweden), 3-4 november **2015**.

Lafont S. Les usagers vulnérables. *20 ans Registre des victimes du Rhône*. Château de Montchat, Lyon, 14 octobre **2015**.

Gabaude C, Paire-Ficout L, Lafont S. Vieillir et conduire : une question d'adaptation. *50 ans de recherche en sécurité routière*. Ifsttar, Lyon-Bron, 15 octobre **2015**.

Paire-Ficout L, Lafont S, Coquillat A, Chavoix C, Conte F, Gabel C, Mintsá-Eya C, Fabrigoule C. Relationship between cognitive and driving self-assessments in older drivers. Result of epidemiological and experimental on-road studies in France. *Safe Move Symposium, Transed Conference*. Lisboa, Portugal, July 28th **2015**.

Lafont S, Marie Dit Assé L, Helmer C, Laumon B, Berr C, Rouaud O, Auriacombe S, Fabrigoule C. Arrêt de la conduite automobile dans la pré-démence et dans la démence. *Réunion francophone sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés (RFMASA)*. Lyon, 8-10 juin **2016**.

Paire-Ficout L, Lafont S, Conte F, Coquillat A, Fabrigoule C, Ankri J, Blanc F, Gabel C, Morrone I, Novella J. Observation de l'activité de conduite de patients Alzheimer: approche en naturalistic driving. *Réunion francophone sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés (RFMASA)*. Lyon, 8-10 juin **2016**.

1.6 Communications par affiche dans un congrès international ou national

Cottraux J, Note I, Dartigues JF, Yao SN, Note B, Sauteraud A, Mollard E, Lafont S, Bourgeois M. A multicenter controlled trial of Cognitive Therapy versus Intensive Behaviour Therapy in Obsessive Compulsive Disorder. *APA*. Chicago, May 17 **2000**.

Lafont S, Marin-Lamellet C, Thomas-Antérion C, Favre A, Dirson S, Amieva H, Laurent B, Fabrigoule C. Les déficits attentionnels et la conduite automobile dans le vieillissement normal et pathologique. *Congrès conjoint 6ème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les syndromes Apparentés et Réunion Internationale de la Société Française de Neurologie sur les Démences*. Bordeaux, 9-13 octobre **2001**.

Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Le Carret N, Fabrigoule C. Déficits d'inhibition cognitive et maladie d'Alzheimer. *Congrès conjoint 6ème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les syndromes Apparentés et Réunion Internationale de la Société Française de Neurologie sur les Démences*. Bordeaux, 9-13 octobre **2001**.

Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Le Carret N, Fabrigoule C. Déficits neuropsychologiques dans la maladie d'Alzheimer : Étude des mécanismes d'inhibition cognitive. *5e Colloque de la société des neurosciences*. Toulouse, 28-31 mai **2001**.

Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, Lafont S, Amieva H, Laurent B, Thomas-Antérion C, Dirson S, Fabrigoule C. Maladie d'Alzheimer, déficits attentionnels et aptitude à la conduite automobile. *7ème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés*. Paris, 7-10 octobre **2003**.

Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Fabrigoule C. Capacités d'inhibition et d'acquisition de règles dans la maladie d'Alzheimer. *7ème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés*.

Paris, 7-10 octobre **2003**.

Fabrigoule C, Lafont S, Clément J, Laumon B. Le médecin généraliste au cœur d'un examen cognitif d'aptitude à la conduite automobile des conducteurs âgés ? Faisabilité et premiers résultats de l'étude MG-CogCAPA. *31ème Journées Annuelles de la Société Française de Gériatrie et de Gériatrie (JASFGG)*. Paris, 4-6 octobre **2011**.

Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Lafont S. Changes in driving restriction with aging among women. *5th International Conference on Women's Issues in Transportation (WIIT)- Bridging the Gap*. Paris - La Défense, 14-16 Apr **2014**.

Lafont S, Mintsya-Eya C, Coquillat A, Chavoix C, Paire Ficout L, Fabrigoule C. Relation entre traits de personnalité et estimation de ses propres capacités cognitives : résultats de la cohorte SAFE MOVE. *International conference on the BFI : Around and about the Big Five Inventory for Personality*. Tours, France, 18-19 septembre **2015**.

Lafont S, Coquillat A. Conducteurs âgés : quel risque pour autrui ? *Congrès Adelf - Epiter Rennes*, 7-9 septembre **2016**.

Lafont S, Mintsya-Eya C, Coquillat A, Chavoix C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Relation entre personnalité et estimation de ses propres capacités cognitives chez des conducteurs âgés. *Congrès Adelf - Epiter Rennes*, 7-9 septembre **2016**.

1.7 Ouvrages scientifiques

Lafont S, Laumon B. Accidents : la gravité des lésions augmente avec l'âge. In: *Rapport annuel 2000*. INRETS. ed, **2001**:p 17.

Barberger-Gateau P, Lafont S. Perte d'autonomie fonctionnelle et démence. Données du projet PAQUID. In: *Personnes âgées dépendantes en France et au Québec*. Henrard JC, Firbank O, Clement S, Frossard M, Lavoie JP et Vezina A. Questions en Santé publique, INSERM ed, Paris, **2001**:31-42.

Laumon B, Lafont S, Martin JL, Gadegbeku B, Chiron M. Traumatismes, causes et conséquences en région Rhône-Alpes. In: *La sécurité des piétons en 2001 - étude sectorielle*. La Documentation française ed, Paris, **2003**:63-81.

Laumon B, Gadegbeku B, Lafont S, Martin JL, Ndiaye A, Chiron M. Lésions et séquelles chez les cyclistes accidentés. In: *La sécurité des bicyclettes de 1992 à 2001 - étude sectorielle*. La Documentation française ed, Paris, **2003**:67-78.

Lafont S, Coquillat A, Laumon B, Fabrigoule C. Faisabilité d'un protocole cognitif pour aider les médecins généralistes dans leurs conseils aux conducteurs seniors. In : *Vieillesse de la population et transport*. Direction de la Recherche et de l'Innovation du MEDDE - La Documentation Française ed, **2015**:103-119.

Lafont S, Paire-Ficout L, Gabaude C, Hay M, Bellet T, Paris J-C, Marin-Lamellet C, Fabrigoule C. SAFE MOVE for older drivers : pour une mobilité sûre des conducteurs âgés In: *Direction de la Recherche et de l'Innovation du MEDDE - La Documentation Française*. ed, Paris, **2015**:p121-141.

1.8 Thèse

Lafont S, (sous la direction de B Laumon et C Fabrigoule). Sécurité routière et conducteurs âgés : estimation des enjeux et contribution des facteurs cognitifs et de la démence. Approches épidémiologique, expérimentale et clinique. Thèse de doctorat - Spécialité Épidémiologie et Santé Publique - de l'Université Claude Bernard Lyon 1. **2008**.

1.9 Rapports de recherche

Laumon B, Gadegbeku B, Lafont S, Martin JL. Analyse par catégories d'utilisateurs - Recherches coordonnées sur les traumatismes consécutifs à un accident de la circulation routière, et sur leurs conséquences. Convention PREDIT, Ministère de la recherche, rapport final - Rapport UMRETTE n°0205, **2002**, tome 1 : 171-288.

Hours M, Févotte J, Lafont S, Pilorget C, Bergeret A. Analyse des causes de mortalité des anciens salariés de l'usine Rhodiaceta de Besançon. Une étude épidémiologique de cohorte 1968-1999. Rapport final d'étude, rapport UMRETTE, juin **2003**.

Lafont S, Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L. SEROVIE : Sécurité Routière et Vieillesse. Convention DSCR-INRETS 01 70 018 - Rapport UMRETTE, **2004**.

Chiron M, Lafont S, Bernard M, Chastang JF, Zins M, Lagarde E. Accidents corporels de la circulation routière

liés à l'exercice d'une profession - Étude au sein de la cohorte Gazel. Convention INRS - rapport final - Rapport UMRESTTE n° 0502, **2005**.

Paire-Ficout L, Gabaude C, [Lafont S](#), Bedoin N, Bruyas M, Jallais C, Dapsol N, Knoblauch K, Vital-Durand F. Les processus visuo-attentionnels impliqués dans le franchissement d'une intersection de type "tourne à gauche". Rapport final de l'action de recherche n°1 du projet DACOTA: Défaut d'Attention et COnduiTE Automobile Lyon. **2009**, 23 p.

Laumon B, (sous la direction de) et (par ordre alphabétique), Amoros E, Chapuis P, Charnay P, Chiron M, Gadegbeku B, Haddak M, Hours M, Javouhey E, [Lafont S](#), Martin J-L, Mintsya-Eya C, Ndiaye A, Supernant K, Vallet G, Verney M-P. Le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation routière. Rapport d'activité Année 2010. Ifsttar. Rapport Umrestte n°1102, mars **2011**, 32 p.

[Lafont S](#), Fabrigoule C, Laumon B. MG-CogCAPA : détection en médecine générale, de troubles cognitifs pouvant altérer la conduite automobile chez les personnes âgées. Rapport de fin de convention ANR-TSFA 2007 - 005-01, **2012**.

Laumon B, (sous la direction de) et (par ordre alphabétique), Amoros E, Chapuis P, Charnay P, Debrisay M-C, Gadegbeku B, Haddak M, Hours M, Javouhey E, [Lafont S](#), Martin J-L, Mintsya-Eya C, Ndiaye A, Perrin-Blondeau D, Supernant K, Vallet G, Verney M-P. Le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation routière. Rapport d'activité Année 2011. Ifsttar. Rapport Umrestte n°1201, mars **2012**, 35 p.

[Lafont S](#), Fabrigoule C, Chavoix C, Paire-Ficout L, Mintsya-Eya C. Deliverable D121 SAFE MOVE. Questionnaire and cognitive tests of the cohort study. Rapport ANR-11 - VPTT-001, **2013**.

Lallemand S, Paire-Ficout L, Chavoix C, [Lafont S](#), Levin L, Fabrigoule C. Deliverable D11. SAFE MOVE - task 1. Literature review: Identification of the potential discrepancies of challenging situations/scenarios according to crash studies and drivers themselves. Rapport ANR-11 - VPTT-001, **2013**.

Laumon B, (sous la direction de) et (par ordre alphabétique), Amoros E, Chapuis P, Charnay P, Chossegros L, Debrisay M-C, Gadegbeku B, Haddak M, Hours M, Javouhey E, [Lafont S](#), Lieutaud T, Martin J-L, Mintsya-Eya C, Ndiaye A, Perrin-Blondeau D, Supernant K, Tardy H, Vallet G, Verney M-P. Le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation routière. Rapport d'activité Année 2012. Ifsttar. Rapport Umrestte n°1301, février **2013**, 35 p.

Laumon B, (sous la direction de) et (par ordre alphabétique), Amoros E, Bigot A-M, Boissier G, Chapuis P, Charnay P, Cheniour W, Chossegros L, Debrisay M-C, Demangel N, Gadegbeku B, Haddak M, Hours M, Javouhey E, [Lafont S](#), Lieutaud T, Ly M, Martin J-L, Mintsya-Eya C, Ndiaye A, Tardy H, Tournier C, Vallet G, Verney M-P, Viallon V. Le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation routière. Rapport d'activité Année 2013. Ifsttar. Rapport Umrestte n°1401, mars **2014**, 41

Coquillat A, [Lafont S](#), Martin J-L, Wu D. Analyse de l'accidentologie des séniors. Projet VOIESUR - Véhicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route. ANR-11-VPTT-0007 Livrable L4.7, 30 juin **2015**, 50 p.

Laumon B, (sous la direction de) et (par ordre alphabétique), Amoros E, Boissier G, Chapuis P, Charnay P, Debrisay M-C, Gadegbeku B, Haddak M, Hours M, Javouhey E, [Lafont S](#), Lieutaud T, Martin J-L, Mintsya-Eya C, Ndiaye A, Tardy H, Vallet G, Verney M-P, Viallon V. Le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation routière. Rapport d'activité Année 2014. Ifsttar. Rapport Umrestte n°1501, février **2015**, 32

1.10 Rapports d'expertises

(sous la coordination générale de D Mignot et J-P Mizzi), (sous la coordination thématique de : L Carnis, D Cesari, D Fleury, H Fontaine, M-L Gallenne, B Laumon, S Lassarre, C Marin-Lamellet, J-L Martin, G Vallet, H Tattegrain, J Yerpez), (Ont contribué également à ce document E Amoros, J-P Assailly, S Cohen, P Delhomme, B Gadegbeku, R Gressel, M Guilbot, F Hamelin, M Hours, E Javouhey, [S Lafont](#), O Monneuse, A Ndiaye, P Van Elslande). L'insécurité routière : facteurs et mesures. Des enseignements pour la France. Revue de la littérature scientifique. Rapport pour l'Assemblée Nationale : mission d'information relative à l'analyse des causes des accidents de la circulation et à la prévention routière, **2011**.

[Lafont S](#), Paire-Ficout L, Gabaude C, Fabrigoule C. Dix propositions de mesures pour baisser l'accidentologie des personnes âgées, réponse à une demande du Comité des Experts du Conseil National de Sécurité Routière. ed, **2014**:12 p.

1.11 Diffusion des connaissances dans le milieu scientifique et technique

Diffusion écrite

Laumon B, Gadegbeku B, Lafont S. Accidents de la route : une analyse quantifiée des lésions, de leur gravité et des usagers touchés. *Les Fiches de l'INRETS*, INRETS ed. **2004**, (N° 23).

Lafont S, Fabrigoule C. Les conducteurs âgés. In: *Ouvrage collectif sur la sécurité routière*. La Ligue contre la violence routière ed, **2013**.

Lafont S, Fabrigoule C. Conducteurs seniors. In : *Objectif ZERO accident*. La Ligue contre la violence routière, Les petits matins ed, **2015**:200-2.

Fabrigoule C, Lafont S. Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors. **2016**: 17p.

Diffusion orale

Lafont S. Conduite et vieillissement. *Journées "Évaluation médicale de la capacité des conducteurs"*. Bordeaux, 19 juin **2006**.

Chiron M, Lafont S, Bernard M, Chastang JF, Zins M, Lagarde E. Accidents corporels de la route en lien avec le travail, étude au sein de la cohorte GAZEL. *Journée de la cohorte GAZEL*. Paris, 15 mars **2006**.

Lafont S. Conduite et vieillissement. *Journées "Évaluation médicale de la capacité des conducteurs"*. Bordeaux, 18 décembre **2007**.

Lafont S. Vieillissement et conduite automobile - Aspects épidémiologiques. *Journées "Évaluation médicale de la capacité des conducteurs"*. Bordeaux, 25 juin **2008**.

Lafont S. Présentation de l'étude MG-CogCAPA. *Séminaire de valorisation de GO2 : Usagers Vulnérables et Santé*. Paris, 2-3 juillet **2009**; <http://www.predit.prd.fr/predit3/publications.html>.

Lafont S. MG-CogCAPA : premiers résultats. *Séminaire de valorisation de GO2 : Usagers Vulnérables et Santé*. Paris, 30 avril **2010**; <http://www.predit.prd.fr/predit3/publications.html>.

Lafont S. Conduite et vieillissement. *Journées "Évaluation médicale de la capacité des conducteurs"*. Bordeaux, 13 décembre **2010**.

Lafont S. Les seniors et la sécurité routière : aspects épidémiologiques *Les Jeudis de L'INSERR*. Nevers, 22 septembre **2011**.

Lafont S. Les seniors et l'insécurité routière *Rencontre annuelle des IDSR et des ECPA*. Bron, 29 novembre **2011**.

Lafont S, Fabrigoule C, Laumon B. MG-CogCAPA : détection en médecine générale, de troubles cognitifs pouvant altérer la conduite automobile chez les personnes âgées. *12ème petit-déjeuner de presse du PREDIT 4. Vieillesse de la population et transport*. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Paris, 27 septembre **2012**.

Fabrigoule C, Lafont S. Seniors et conduite automobile. *Conférence à L'AG de l'association MAIF*. Tours, 17 mai **2012**.

Lafont S. Vieillesse de la population et mobilité. *Interview sur France Info: Circulez il y a le monde à voir, animée par Gérard Feldzer*. 13 octobre **2012**.

Lafont S. Participation à une table ronde sur le vieillissement et la conduite automobile. *Société des neurosciences : la semaine du cerveau*. Lyon, 10-16 mars **2014**.

Lafont S. Qualité de vie et vieillissement. Bilan épidémiologique de l'insécurité routière des personnes âgées. *Journée Bien Vieillir*. Université Lyon 2, Lyon, 29 nov **2014**.

Lafont S, Coquillat A. Vieillesse et Responsabilité dans l'accident : Estimation du Risque pour autrui des conducteurs âgés. *Séminaire d'échanges scientifiques du département TS2. Vieillesse : concilier mobilité, santé et sécurité*. Bron, 30 novembre **2015**.

Lafont S, Mintsas-Eya C, Coquillat A, Paire-Ficout L, Chavoix C, Davenne D, Fabrigoule C. Liens entre auto-évaluation des capacités cognitives, celle des capacités de conduite, et Régulation de l'activité de conduite. *Séminaire d'échanges scientifiques du département TS2. Vieillesse : concilier mobilité, santé et sécurité*. Bron, 30 novembre **2015**.

Lafont S. Bilan épidémiologique de l'insécurité routière des personnes âgées. *Comité des études DSCR*. Paris La Défense, 12 mars **2015**.

Lafont S, Coquillat A, Laumon B, Fabrigoule C. Protocole cognitif en médecine générale pour les conducteurs

seniors. *Comité des études DSCR*. Paris La Défense, 12 mars **2015**.

Marie Dit Asse L, [Lafont S](#). Arrêt de la conduite automobile chez les hommes et les femmes atteints d'une démence. *Comité des études DSCR*. Paris La Défense, 12 mars **2015**.

Paire-Ficout L, [Lafont S](#), Gabaude C. Vieillir et conduire : une question d'adaptation. *Les décennies de l'Ifsttar - 50 ans de recherche en sécurité routière*. Bron, 15 octobre **2015**.

2. Activité de formation à la recherche

2.1 Enseignement

En 1996, je participe à des enseignements en informatique dans le cadre du DEA de Santé Publique à Beyrouth.

En 1998, j'anime en binôme avec un collègue une session de formation en informatique pour des médecins, formation proposée par l'Institut de Santé Publique à l'île Maurice.

TD du CESAM (Centre d'Enseignement de la Statistique Appliquée à la Médecine et à la Biologie Médicale) 2008/2009

Master EPIRIS, Option Epidémiologie des transports, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012

Formation médicale de la capacité des conducteurs, interventions à Bordeaux depuis 2006.

2.2 Encadrement

Encadrement en **1998** à l'INSERM d'un stagiaire de DUT de Statistiques et Informatique dont la mission était de rédiger le rapport de suivi 8 ans de la cohorte PAQUID en Dordogne.

Pons J, (sous la direction de [S Lafont](#)). Estimation du nombre de conducteurs de plus de 65 ans en France. Mémoire de Licence 3 MIASHS-IDS - Université Lumière Lyon 2. **2016**.

Marcellin S, (sous la direction de [S Lafont](#)). Création d'une application d'analyse de fichiers issus d'une batterie de tests informatisés : développement objet sous Borland Delphi. Mémoire de maîtrise IUP- Université Lyon 2. Rapport UMRETTE, **2003**.

Grasset L, (sous la direction de [S Lafont](#)). Un âge avancé est-il un facteur aggravant de la qualité de vie après un accident de la circulation routière ? Mémoire de Master 1 Santé publique - Université Claude Bernard Lyon 1. **2013**.

Reynaud Favre A, (co-encadrement C Marin Lamellet et [S Lafont](#)). Les déficits attentionnels liés au vieillissement - Le cas des conducteurs d'automobile atteints de la maladie d'Alzheimer. DEA, Université Lumière Lyon 2, Lyon, **2000**.

Lenguerrand E, (sous la direction de [S Lafont](#)). Rôle de l'accident de la circulation routière sur la présence et la persistance de douleurs dans certains territoires corporels : étude au sein d'une cohorte de travailleurs, la cohorte gazel. Mémoire de DESS - Université Bordeaux 2. Rapport UMRETTE n° 208, **2002**.

Alix D, (sous la direction de [S Lafont](#)). Etude des facteurs professionnels liés aux accidents de la circulation en mission et lors des trajets domicile/travail. Mémoire de DESS SISE - Université Lumière Lyon 2. **2003**.

Bernard M, (sous la direction de [S Lafont](#)). Etude des performances cognitives en lien avec la

survenue d'un accident de la circulation routière parmi une population de conducteurs de plus de 65 ans. Mémoire de DESS - Université Bordeaux 2. Rapport UMRETTE, **2004**.

Laborey M, (sous la direction de [S Lafont](#)). Analyse prospective des performances cognitives en lien avec le risque d'accident de la circulation routière, au sein de la cohorte 3C-Bordeaux. Mémoire de Master 2 Professionnel Biostatistiques - Université Bordeaux 2. Rapport UMRETTE, **2009**, 72 p.

Fenni M, (sous la direction de [S Lafont](#)). Événements de vie, stratégies de compensation et changements des habitudes de mobilité au sein d'une cohorte de conducteurs âgés. M2 de Santé publique - Épidémiologie et Gestion des Risques à Lyon 1. A partir du 1^{er} février **2017**.

Marie Dit Asse L, (dirigée par B. Laumon et encadrée par [S. Lafont](#)). Régulation de la conduite automobile des hommes et des femmes âgés. Ifsttar, Bron-Lyon. **Thèse de doctorat** - Spécialité Épidémiologie et Santé Publique - Université Claude Bernard Lyon 1, 31 mars **2015**.

3. Responsabilités scientifiques

Mission d'audit en 1996 sur les bonnes pratiques cliniques d'un essai thérapeutique sur le SIDA en Afrique.

Membre du conseil d'institut de l'Institut Fédératif de Recherche biomédicale en neurosciences cliniques et expérimentales (Bordeaux 2) entre 1996 et 1999.

Coordinatrice du volet épidémiologique du projet SEROVIE Sécurité Routière et Vieillesse (DSCR 2001-2004)

Membre du comité scientifique de l'Étude multicentrique Conduite et Age (Laboratoires IPSEN 2006-2007).

Responsable du volet épidémiologique de l'Action de Recherche 1 du projet DACOTA « défaut d'attention en conduite automobile » (ANR-VTTT05-2005-2009)

Coordinatrice du projet MG-CogCAPA - Détection, en médecine générale, de troubles cognitifs pouvant altérer la conduite automobile chez les personnes âgées, (ANR-PREDIT Transports Sécurisés, Fiabes et Adaptés, 2007-2011)

Co-responsable du Volet Conduite du projet DRIVECOG (PHRC national (2011-2015)).

Responsable de la sous-tâche Seniors du projet VOIESUR (ANR TDD-10-2010-2015).

Membre du comité de pilotage du projet SAFE MOVE, coordinatrice du volet épidémiologique (ANR TDD-10-2010-2015), et collaboration internationale avec le VTI (SUEDE).

Membre du comité scientifique pour l'organisation de la Journée scientifique des 20 ans du Registre des Victimes du Rhône, 14 octobre 2015.

Membre du comité scientifique pour l'attribution des Prix ARVAC 2015, ARVAC 2016.

Membre du comité scientifique pour l'organisation du séminaire scientifique du Registre, 2016-2017.

Membre du comité de pilotage du projet SOFTER - Syndrome Following Trauma: Early Remedies, collaboration internationale (Suède, Danemark, Canada France), 2016- .

Correspondante Umrestte à l'Institut Fédératif de Recherche sur le Handicap (IFRH), 2017

Membre au Comité des experts auprès Délégué interministériel à la sécurité routière et du Président du Conseil national de la sécurité routière (CNSR) (2017-2019).

Autres références citées dans le texte

- American Psychiatric Association (APA) 1994 Diagnostic and statistical manual of mental disorders. *Washington, DC, APA.*
- Ball K, Owsley C, Stalvey B, Roenker DL, Sloane ME & Graves M 1998 Driving avoidance and functional impairment in older drivers. *Accid Anal Prev* **30** 313-322.
- Barberger-Gateau P, Chaslerie A, Dartigues JF, Commenges D, Gagnon M & Salamon R 1992 Health measures correlates in a French elderly community population: the PAQUID study. *J Gerontol* **47** S88-95.
- Barberger-Gateau P, Dartigues JF & Letenneur L 1993 Four Instrumental Activities of Daily Living Score as a predictor of one-year incident dementia. *Age and ageing* **22** 457-463.
- Braver ER & Trempel RE 2004 Are older drivers actually at higher risk of involvement in collisions resulting in deaths or non-fatal injuries among their passengers and other road users? *Inj Prev* **10** 27-32.
- Byrnes JP, Miller DC & Schafer WD 1999 Gender differences in risk taking: A meta-analysis. *Psychological Bulletin* **125** 367-383.
- Chamberlain MA, Fialka Moser V, Schuldt Ekholm K, O'Connor RJ, Herceg M & Ekholm J 2009 Vocational rehabilitation: an educational review. *J Rehabil Med* **41** 856-869.
- Charlton JL, Oxley J, Fildes B, Oxley P, Newstead S, Koppel S & O'Hare M 2006 Characteristics of older drivers who adopt self regulatory driving behaviours. *Transportation Research Part F* **9** 363-373.
- Chihuri S, Mielenz TJ, DiMaggio CJ, Betz ME, DiGuseppi C, Jones VC & Li G 2016 Driving Cessation and Health Outcomes in Older Adults. *J Am Geriatr Soc* **64** 332-341.
- Chossegros L, Hours M, Charnay P, Bernard M, Fort E, Boisson D, Sancho PO, Yao SN & Laumon B 2011 Predictive factors of chronic post-traumatic stress disorder 6 months after a road traffic accident. *Accid Anal Prev* **43** 471-477.
- Comité des experts du Conseil National de la Sécurité Routière 2014 Les personnes âgées In *Proposition d'une stratégie pour diviser par deux le nombre de personnes tuées ou blessées gravement d'ici 2020. Tome 2 : Les groupes à risque.*, pp 48-53.
- Cooper PJ 1990 Differences in accident characteristics among elderly drivers and between elderly and middle-aged drivers. *Accid Anal Prev* **22** 499-508.
- Dargent-Molina P & Breart G 1995 [Epidemiology of falls and fall-related injuries in the aged]. *Revue d'épidémiologie et de sante publique* **43** 72-83.
- Delbaere K, Close JC, Brodaty H, Sachdev P & Lord SR 2010 Determinants of disparities between perceived and physiological risk of falling among elderly people: cohort study. *BMJ* **341** c4165.
- Dellinger AM, Kresnow MJ, White DD & Sehgal M 2004 Risk to self versus risk to others: how do older drivers compare to others on the road? *Am J Prev Med* **26** 217-221.
- Duchek JM, Hunt L, Ball K, Buckles V & Morris JC 1998 Attention and driving performance in Alzheimer's disease. *The journals of gerontology* **53** P130-141.
- Dulisse B 1997 Older drivers and risk to other road users. *Accid Anal Prev* **29** 573-582.
- Evans L 2000 Risks older drivers face themselves and threats they pose to other road users. *Int J Epidemiol* **29** 315-322.
- Fitten LJ, Perryman KM, Wilkinson CJ, Little RJ, Burns MM, Pachana N, Mervis JR, Malmgren R, Siembieda DW & Ganzell S 1995 Alzheimer and vascular dementias and driving. A prospective road and laboratory study. *JAMA* **273** 1360-1365.
- Fonda SJ, Wallace RB & Herzog AR 2001 Changes in driving patterns and worsening depressive symptoms among older adults. *The journals of gerontology* **56** S343-351.
- Fontaine H & Gourlet Y 1991 L'insécurité routière des personnes âgées (in french). *Recherche Transports Sécurité* **350** 390-395.
- Freund AM & Baltes PB 2002 The adaptiveness of selection, optimization, and compensation as strategies of life management: evidence from a preference study on proverbs. *Journal of Gerontology* **57** P426-434.

- Gonthier R, Fabrigoule C & Domont A 2005 Bilan utile pour l'aptitude à la conduite du sujet âgé [Useful assessment for identifying unsafe driving]. *Psychol Neuropsychiatr Vieil* **3** 27-42.
- Gunnell D & Middleton N 2003 National suicide rates as an indicator of the effect of suicide on premature mortality. *Lancet* **362** 961-962.
- Hakamies-Blomqvist L, Johansson K & Lundberg C 1996 Medical screening of older drivers as a traffic safety measure - A comparative Finnish-Swedish evaluation study. *J Am Geriatr Soc* **44** 650-653.
- Hasher L & Zacks RT 1988 Working memory, comprehension, and aging: A review and new view. *The Psychology of Learning and Motivation* 193-225.
- Heath KV, Frank O, Montaner JS, O'Shaughnessy MV, Schechter MT & Hogg RS 1998 Human immunodeficiency virus (HIV)/acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) mortality in industrialized nations, 1987-1991. *Int J Epidemiol* **27** 685-690.
- Holm LW, Carroll LJ, Cassidy JD, Skillgate E & Ahlbom A 2008 Expectations for recovery important in the prognosis of whiplash injuries. *PLoS Med* **5** e105.
- Hou R, Moss-Morris R, Peveler R, Mogg K, Bradley BP & Belli A 2012 When a minor head injury results in enduring symptoms: a prospective investigation of risk factors for postconcussional syndrome after mild traumatic brain injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **83** 217-223.
- Hours M, Khati I, Charnay P, Chossegros L, Tardy H, Tournier C, Perrine AL, Luaute J & Laumon B 2014 One year after mild injury: comparison of health status and quality of life between patients with whiplash versus other injuries. *J Rheumatol* **41** 528-538.
- Kearns MC, Ressler KJ, Zatzick D & Rothbaum BO 2012 Early interventions for PTSD: a review. *Depress. Anxiety* **29** 833-842.
- Kongsted A, Bendix T, Qerama E, Kasch H, Bach FW, Korsholm L & Jensen TS 2008 Acute stress response and recovery after whiplash injuries. A one-year prospective study. *Eur J Pain* **12** 455-463.
- Laborey M, Masson F, Ribereau-Gayon R, Zongo D, Salmi LR & Lagarde E 2014 Specificity of postconcussion symptoms at 3 months after mild traumatic brain injury: results from a comparative cohort study. *The Journal of head trauma rehabilitation* **29** E28-36.
- Laborey M, Masson F, Ribéreau-Gayon R, Zongo D, Salmi LR & Lagarde E 2014 Specificity of Postconcussion Symptoms at 3 Months After Mild Traumatic Brain Injury: Results From a Comparative Cohort Study. *J Head Trauma Rehabil* **29** E28-36.
- Lafont S, Paire-Ficout L, Gabaude C & Fabrigoule C 2014 Dix propositions de mesures pour baisser l'accidentologie des personnes âgées, réponse à une demande du Comité des Experts du Conseil National de Sécurité Routière. p 12 p.
- Lagarde E, Salmi L-R, Holm LW, Contrand B, Masson F, Ribereau-Gayon R & Cassidy JD 2014a Association of symptoms following mild traumatic brain injury with posttraumatic stress disorder vs. postconcussion syndrome. *JAMA Psychiatry* **71** 1032-1040.
- Lagarde E, Salmi LR, Holm LW, Contrand B, Masson F, Ribereau-Gayon R, Laborey M & Cassidy JD 2014b Association of symptoms following mild traumatic brain injury with posttraumatic stress disorder vs. postconcussion syndrome. *JAMA psychiatry* **71** 1032-1040.
- Lasbeur L & Thelot B 2017 Mortalité par accident de la vie courante en France métropolitaine, 2000-2012 (Mortality due to home and leisure injuries in mainland France, 2000-2012). *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 12 p.
- Laumon B, Gadegbeku B, Martin JL & Biecheler MB 2005 Cannabis intoxication and fatal road crashes in France: population based case-control study. *BMJ* **331** 1371.
- Marie Dit Asse L & (dirigée par B. Laumon et encadrée par S. Lafont) 2015 Régulation de la conduite automobile des hommes et des femmes âgés. Ifsttar, Bron-Lyon.
- Michon JA 1985 A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do? In *Proceedings of the International Symposium on Driver Behavior and Traffic Safety. General Motors Research Laboratories*, pp 485-520. Eds LA Evans & R Schwing. New-York: Plenum Press.
- Molnar LJ & Eby DW 2008 The relationship between self-regulation and driving-related abilities in older drivers: an exploratory study. *Traffic Inj Prev* **9** 314-319.

- Molnar LJ, Eby DW, Langford J, Charlton JL, St Louis RM & Roberts JS 2013 Tactical, strategic, and life-goal self-regulation of driving by older adults: development and testing of a questionnaire. *J Safety Res* **46** 107-117.
- O'Donnell ML, Varker T, Holmes AC, Ellen S, Wade D, Creamer M, Silove D, McFarlane A, Bryant RA & Forbes D 2013 Disability after injury: the cumulative burden of physical and mental health. *J Clin Psychiatry* **74** e137-143.
- OECD 2001 Ageing and Transport. Mobility needs and safety issues. OECD Publication, France.
- Parasuraman R & Nestor PG 1991 Attention and driving skills in aging and Alzheimer's disease. *Human Factors* **33** 539-557.
- Park DC 1999 The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. In *Cognitive aging : a prime*, pp 3-21: Psychology Press.
- Ramaroson H, Helmer C, Barberger-Gateau P, Letenneur L & Dartigues JF 2003 [Prevalence of dementia and Alzheimer's disease among subjects aged 75 years or over: updated results of the PAQUID cohort]. *Rev Neurol* **159** 405-411.
- Rosenbloom BN, Khan S, McCartney C & Katz J 2013 Systematic review of persistent pain and psychological outcomes following traumatic musculoskeletal injury. *Journal of pain research* **6** 39-51.
- Rothbaum BO, Kearns MC, Price M, Malcoun E, Davis M, Ressler KJ, Lang D & Houry D 2012 Early intervention may prevent the development of posttraumatic stress disorder: a randomized pilot civilian study with modified prolonged exposure. *Biological Psychiatry* **72** 957-963.
- Siren A & Hakamies-Blomqvist L 2004 Private car as the grand equaliser? Demographic factors and mobility in Finnish men and women aged 65+. *Transportation Research Part F* **7** 107-118.
- Sprangers MAG & Schwartz CE 1999 The challenge of response shift for quality-of-life-based clinical oncology research. *Ann Oncol* **10** 747-749.
- The 3C study Group 2003 Vascular factors and risk of dementia: design of the Three-City Study and baseline characteristics of the study population. *Neuroepidemiology* **22** 316-325.
- Tournier C, Hours M, Charnay P, Chossegros L & Tardy H 2016 Five years after the accident, whiplash casualties still have poorer quality of life in the physical domain than other mildly injured casualties: analysis of the ESPARR cohort. *BMC Public Health* **16** 13.
- Tuokko HA, McGee P, Gabriel G & Rhodes RE 2007 Perception, attitudes and beliefs, and openness to change: implications for older driver education. *Accid Anal Prev* **39** 812-817.
- Wiebe D, Nance ML & Branas C 2006 Determining objective injury prevention priorities. *Inj Prev* **12** 347-350.
- Wiseman TA, Curtis K, Lam M & Foster K 2015 Incidence of depression, anxiety and stress following traumatic injury: a longitudinal study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* **23** 29.
- Withaar FK, Brouwer WH & van Zomeren AH 2000 Fitness to drive in older drivers with cognitive impairment. *J Int Neuropsychol Soc* **6** 480-490.
- World Health Organisation 1984 A Discussion Document on the Concepts and Principles. In Health Promotion (ed). Geneva, Switzerland : World Health Organisation.
- Xu W, Tan L, Wang HF, Jiang T, Tan MS, Zhao QF, Li JQ, Wang J & Yu JT 2015 Meta-analysis of modifiable risk factors for Alzheimer's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **86** 1299-1306.

Annexes

1. Articles sur le vieillissement normal et pathologique

Je présente la première page des articles cités ci-dessous. Seul l'article [A13] dans lequel je suis 1^{er} auteur est présenté dans son intégralité.

- [A1] Berr C, Lafont S, Debuire B, Dartigues JF, Baulieu EE. Relationships of dehydroepiandrosterone sulfate in the elderly with functional, psychological, and mental status, and short-term mortality: a French community-based study. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Nov 12 **1996**, 93(23): 13410-5.
- [A2] Fabrigoule C, Lafont S, Letenneur L, Rouch I, Dartigues JF. Wais similarities subtest performances as predictors of dementia in elderly community residents. *Brain and Cognition*. **1996**, 30: 323-6.
- [A3] Nejjarri C, Tessier JF, Letenneur L, Lafont S, Dartigues JF, Salamon R. Determinants of chronic bronchitis prevalence in an elderly sample from south-west of France. *Monaldi Arch Chest Dis*. Oct **1996**, 51(5): 373-9.
- [A6] Orgogozo JM, Dartigues JF, Lafont S, Letenneur L, Commenges D, Salamon R, Renaud S, Breteler MB. Wine consumption and dementia in the elderly: a prospective community study in the Bordeaux area. *Rev Neurol (Paris)*. Apr 1997, 153(3): 185-92.
- [A7] Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Rainville C, Orgogozo JM, Dartigues JF, Fabrigoule C. Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol*. Apr **1998**, 20(2): 280-5.
- [A8] Amieva H, Lafont S, Rainville C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Analysis of Inhibitory Dysfunction in Patients with Alzheimer's Disease and Normal Elderly Adults in Two Verbal Tasks. *Brain and Cognition*. **1998**, 37(1): 58-60.
- [A9] Lemeshow S, Letenneur L, Dartigues JF, Lafont S, Orgogozo JM, Commenges D. Illustration of analysis taking into account complex survey considerations: the association between wine consumption and dementia in the PAQUID study. *Personnes Ages Quid. Am J Epidemiol*. Aug 1 **1998**, 148(3): 298-306.
- [A10] Amieva H, Lafont S, Dartigues JF, Fabrigoule C. Selective Attention in Alzheimer's disease: Analysis of errors in Zazzo's Cancellation Task. *Brain and Cognition*. **1999**, 40(1): 26-9.
- [A12] Helmer C, Damon D, Letenneur L, Fabrigoule C, Barberger-Gateau P, Lafont S, Fuhrer R, Antonucci T, Commenges D, Orgogozo JM, Dartigues JF. Marital status and risk of Alzheimer's disease: a French population-based cohort study. *Neurology*. Dec 10 **1999**, 53(9): 1953-8.
- [A13] Lafont S, Barberger-Gateau P, Sourgen C, Dartigues JF. [Relation between global cognitive performance and dependency evaluated by the AGGIR scale]. *Rev Epidemiol Sante Publique*. Mar **1999**, 47(1): 7-17.
- [A14] Raynaud-Simon A, Lafont S, Berr C, Perin L, Meaume S, Lesourd B, Moulias R, Debuire B, Dartigues JF, Baulieu EE, Le Bouc Y. Plasma IGF I levels in the elderly: relation to DHEAS, nutrition, health and mortality. *Gerontology*. **2001**, 47: 198-206.
- [A15] Mazat L, Lafont S, Berr C, Debuire B, Tessier JF, Dartigues JF, Baulieu EE. Prospective measurements of dehydroepiandrosterone sulfate in a cohort of elderly subjects: Relationship to gender, subjective health, smoking habits, and 10-year mortality. *Proceedings of the national academy of sciences of the USA*. **2001**, 98(No 14): 8145-50.
- [A17] Auriacombe S, Lafont S, Fabrigoule C, Amieva H, Dartigues JF. Letter and category fluency in normal elderly subjects: a population-based study. *Aging, neuropsychology and cognition*. **2001**, 8 (2): 98-108.
- [A18] Raynaud-Simon A, Lafont S, Berr C, Le Bouc Y. Orosomucoïd : a mortality risk factor in elderly people living in the community ? *Clinical nutrition*. **2002**, 21 (1): 45-50.
- [A19] Rainville C, Amieva H, Lafont S, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Executive function deficits in patients with dementia of the Alzheimer's type on a tower of London Task. *Archives of clinical neuropsychology*. **2002**, 17: 513-30.
- [A20] Amieva H, Lafont S, Auriacombe S, Le Carret N, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Inhibitory breakdown and dementia of the Alzheimer Type : A general phenomenon ? *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. **2002**, 24 (4): 503-16.
- [A21] Le Carret N, Lafont S, Mayo W, Fabrigoule C. The effect of education on cognitive performances and its implication on the formation of the 'cognitive reserve'. *Developmental neuropsychology*. **2003**, 23(3):

317-37.

- [A22] Le Carret N, Rainville C, Lechevallier N, Lafont S, Letenneur L, Fabrigoule C. Influence of education on the benton visual retention test performance as mediated by a strategic search component. *Brain and cognition*. Nov **2003**, 53(2): 408-11.
- [A28] Amieva H, Lafont S, Rouch-Leroyer I, Rainville C, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer's disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop test. *Archives of clinical neuropsychology*. Sep **2004**, 19(6): 791-803.
- [A29] Lechevallier-Michel N, Fabrigoule C, Lafont S, Letenneur L, Dartigues JF. Normes pour le MMSE, le Test de Rétention Visuelle de Benton, le Set Test d'Isaac (15s. et 60s.), le sous-test des Codes de la WAIS et le Test de Barrage de Zazzo, en fonction de l'âge, du sexe et du niveau d'études, chez des sujets âgés de 70 ans et plus : données de la cohorte PAQUID. *Revue neurologique*. **2004**, 160(11): 1059-1070.
- [A45] Amieva H, Le Goff M, Stoykova R, Lafont S, Ritchie K, Tzourio C, Fabrigoule C, Dartigues J. Trail Making Test A et B (version sans correction des erreurs) : normes en population chez des sujets âgés, issues de l'étude des trois Cités. *Revue de Neuropsychologie*. **2009**, 1(3): 210-20.

[A1]

Proc. Natl. Acad. Sci. USA
Vol. 93, pp. 13410–13415, November 1996
Population Biology

Relationships of dehydroepiandrosterone sulfate in the elderly with functional, psychological, and mental status, and short-term mortality: A French community-based study

CLAUDINE BERR^{*}, SYLVIANE LAFONT[†], BRIGITTE DEBUIRE[‡], JEAN-FRANÇOIS DARTIGUES[†], AND ETIENNE-EMILE BAULIEU[§]¶

^{*}Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale U360, Recherches Épidémiologiques en Neurologie et Psychopathologie, Hôpital de la Salpêtrière, 75651 Paris Cedex 13, France; [†]Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale U330, Épidémiologie, Santé Publique et Développement, Université Bordeaux II, 33076 Bordeaux Cedex, France; [‡]Service de Biochimie, Hôpital Paul Brousse, 94808 Villejuif Cedex, France; and [§]Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale U33, Communications Hormonales, Hôpital de Bicêtre, 94276 Le Kremlin-Bicêtre Cedex, France

Contributed by Etienne-Emile Baulieu, August 28, 1996

ABSTRACT In human beings of both sexes, dehydroepiandrosterone sulfate (DHEAS) circulating in blood is mostly an adrenally secreted steroid whose serum concentration (in the micromolar range and 30–50% higher in men than in women) decreases with age, toward ~20–10% of its value in young adults during the 8th and 9th decades. The mechanism of action of DHEA and DHEAS is poorly known and may include partial transformation into sex steroids, increase of bioavailable insulin-like growth factor I, and effects on neurotransmitter receptors. Whether there is a cause-to-effect relationship between the decreasing levels of DHEAS with age and physiological and pathological manifestations of aging is still undecided, but this is of obvious theoretical and practical interest in view of the easy restoration by DHEA administration. Here we report on 622 subjects over 65 years of age, studied for the 4 years since DHEAS baseline values had been obtained, in the frame of the PAQUID program, analyzing the functional, psychological, and mental status of a community-based population in the south-west of France. We confirm the continuing decrease of DHEAS serum concentration with age, more in men than in women, even if men retain higher levels. Significantly lower values of baseline DHEAS were recorded in women in cases of functional limitation (Instrumental Activities of Daily Living), confinement, dyspnea, depressive symptomatology, poor subjective perception of health and life satisfaction, and usage of various medications. In men, there was a trend for the same correlations, even though not statistically significant in most categories. No differences in DHEAS levels were found in cases of incident dementia in the following 4 years. In men (but not in women), lower DHEAS was significantly associated with increased short-term mortality at 2 and 4 years after baseline measurement. These results, statistically established by taking into account corrections for age, sex, and health indicators, suggest the need for further careful trials of the administration of replacement doses of DHEA in aging humans. Indeed, the first noted results of such “treatment” are consistent with correlations observed here between functional and psychological status and endogenous steroid serum concentrations.

Dehydroepiandrosterone sulfate (DHEAS) is secreted by the adrenal cortex (1), and its serum level in human beings is the highest of all steroids. Its long half-life (~8–10 hr), limited diurnal variations, and lack of noticeable changes of metabolism in aging make the serum level a convenient marker of its adrenal production (2). However, the physiological function of DHEAS is far from being well known. It is reversibly synthesized from and hydrolyzed to the corresponding free steroid

DHEA (also secreted by the adrenals), which itself can be partially metabolized into active androgens and estrogens in peripheral tissues (1–5). However, the physiological significance of this conversion to potent sex hormones is still not understood, even though it may be important pathologically. A remarkable feature of DHEAS levels in both men and women is their decrease with age, as indicated by several cross-sectional studies; after maximum levels are reached during the 3rd decade of life, there is a progressive decline with age so that DHEAS levels remain 20% or less of the maximum concentration in the serum, after 70 years of age (6–14). The progressive decline of DHEA(S)[¶] is not the only hormonal decrease and, in particular, while the serum cortisol concentration is maintained there is most often a profound decrease of serum growth hormone and insulin-like growth factor 1 (IGF-1).

The decline of DHEAS with age has led to considering the intriguing possibility that its serum levels are related to the development of age-associated “normal” changes, as well as diseases such as cancer, atherosclerosis, or Alzheimer disease (14–22). Results to date have not been conclusive. No evidence for a relationship with cognitive disorders in the elderly has been found in one community-based study (23). In the same population, the relationship between low levels of DHEA at baseline and the cardiovascular causes of long-term mortality in men has been studied with controversial results (14, 23–25). No relationship was observed in women (24, 26).

Two research strategies may help to define a possible role for DHEA(S) in the aging process. The first strategy is to correlate endogenous DHEA(S) levels with physical and mental health parameters in population-based studies rather than to persons already sick. Such epidemiological studies try to relate DHEAS levels [it is easier and safer to measure than DHEA (see ref. 27)] to a number of health parameters and subsequent events, including death. The second approach is to administer DHEA, largely transformed to DHEAS in the body (1–5), and to observe any resulting changes within various health parameters. In a recent paper (28), the effects of a replacement dose of DHEA (50 mg administered orally for 3 months), were observed in 30 individuals, 40–70 years of age. Besides restoration of DHEA and DHEAS levels to “young” levels, there

Abbreviations: DHEAS, dehydroepiandrosterone sulfate; MMSE, mini mental state examination; IGF-1, insulin-like growth factor 1; IADL, Instrumental Activities of Daily Living; ADL, Activities of Daily Living.

[¶]To whom reprint requests should be addressed. e-mail: baulieu@kb.inserm.fr.

[¶]In this paper DHEA(S) stands for the sum of DHEA plus DHEAS (interconvertible steroids). The form of the sulfate concentration is greater than or equal to two orders of magnitude larger than that of DHEA. Practically, DHEAS and DHEA(S) measurements give the same results.

The publication costs of this article were defrayed in part by page charge payment. This article must therefore be hereby marked “advertisement” in accordance with 18 U.S.C. §1734 solely to indicate this fact.

[A2]

W-18. WAIS Similarities Subtest Performances as Predictors of Dementia in Elderly Community Residents

C. FABRIGOULE, S. LAFONT, L. LETENNEUR, I. ROUCH,
AND J. F. DARTIGUES

INSERM U 330, Université de Bordeaux, France

With the recent advances in pharmacology of dementia, detection of subjects with a high risk of dementia became a major issue of research in that field. Few studies have demonstrated that some minor cognitive impairments are premonitory signs of dementia. Until now, only performances at two different global cognitive scales, three different types of episodic memory tests, two verbal category fluency tests, and the WAIS digit symbol substitution test have been shown successful in predicting dementia. We analyzed on the PAQUID study the predictive value of the WAIS similarities subtest score for the subsequent occurrence of dementia. Similarities score was shown as the predictor of 2 years subsequent dementia independently of age, sex, educational level, MMSE score, and categorical verbal fluency score. This demonstrates that abstractional abilities could be deteriorated very early in the pre-clinical phase of the disease.

With the recent advances in pharmacology of dementia, detection of subjects with a high risk of dementia became a major issue of research in this field. Among the potential predictors, minor cognitive impairments are good candidates. Detection of such subjects is, however, difficult because subtle cognitive changes occurring in the very early preclinical phase of dementia are easily confounded with those occurring in normal aging. Few studies have demonstrated that some minor cognitive impairments are premonitory signs of dementia (Katzman, Aronson, Fuld, Kawas, & Brown, 1989; Fuld, Masur, Blau, Crystal, & Aronson, 1990; Masur, Fuld, Blau, Crystal, & Aronson, 1990; Masur, Sliwinsky, Lipton, Blau, & Crystal, 1994; Dartigues, Commenges, Letenneur, Barberger-Gateau, Gilleron, Fabrigoule, Orgogozo, Mazaux, and Salamon, 1994). Until now, only performances at two different global cognitive scales (Information-Memory-Concentration test, Blessed, Tomlinson & Roth, 1968; Mini Mental State Exam, Folstein, Folstein, & McHugh, 1975), three different types of episodic memory tests (Fuld Object Memory Evaluation, Fuld, 1981; Selective Reminding Test, Buschke, 1973;

[A3]

Monaldi Arch Chest Dis
1996; 51: 5: 373-379

Determinants of chronic bronchitis prevalence in an elderly sample from South-West of France

C. Nejjari^{*,†}, J.F. Tessier^{*}, L. Letenneur^{*}, S. Lafont^{*},
J.F. Dartigues^{*}, R. Salamon^{*}

ABSTRACT: *Determinants of chronic bronchitis prevalence in an elderly sample from South-West of France. C. Nejjari, J.F. Tessier, L. Letenneur, S. Lafont, J.F. Dartigues, R. Salamon.*

This paper attempts to estimate by means of a cross-sectional study in subjects aged 65 yrs and over the determinants of the prevalence of chronic bronchitis according to age, gender, smoking history, educational level, former occupation and associated morbidity. Data were examined from the third year of a cohort (Personnes âgées QUID (PAQUID)) and concerned 2,406 subjects. Identification of chronic bronchitis was based on a direct question asking for the presence of phlegm on most days during at

least 3 months per year for at least the two previous years.

Of the sample, 13% reported chronic bronchitis (20% of males, and 8% of females). A multivariate analysis was performed and showed that chronic bronchitis was linked to sex, smoking history and professional category. Independent of these factors, asthma history and digitalis drug therapy were also closely associated to chronic bronchitis. These results underline the long-term effect of smoking and occupation on chronic bronchitis, and also illustrate the strong association with asthma and cardiac morbidity over 65 yrs of age.

Monaldi Arch Chest Dis., 1996; 51: 5, 373-379.

Keywords: *Chronic bronchitis, elderly, occupation, prevalence*

^{*}INSERM U 330, Université de Bordeaux II, Bordeaux, France. [†]Service de Médecine Sociale et de Santé Communautaire, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Casablanca, Maroc.

Correspondence: J.F. Tessier, INSERM Unité 330, Université de Bordeaux II, 146 rue Léo-Saignat, F-33 076 Bordeaux Cedex, France.

Received: October 13, 1995; accepted after revision June 29, 1996

The study was supported by a grant from the "Association Asthme", the "Association Recherche et Partage", the "Comité National contre les Maladies Respiratoires et la Tuberculose" and the financial partners of the PAQUID programme.

There have been many reports concerning the prevalence of chronic bronchitis and its related factors either in community dwellers [1], or in occupational populations [2, 3]. Among the main risk factors, tobacco is almost always predominant and in many cases masks the potential effect of other factors, such as occupational and associated morbidity [4, 5]. Despite the interest in view of its natural history, there are few epidemiological data on chronic bronchitis and the long-term effect of its classical risk factors in elderly people, although longevity is increasing, particularly in industrialized countries.

Chronic respiratory diseases are considered to be an important factor for morbidity and mortality, particularly in elderly people [6, 7]. At this age, chronic bronchitis is known to interfere greatly with quality of life and autonomy, and could be associated to disability [8, 9]. This fact is important in elderly people, in whom the goal of medication is to extend disability-free life expectancy. Moreover, exposure to bronchitis risk factors in elderly people is different from that in younger adults. The majority of this population is retired and no longer exposed to occupational risks. At this age, smoking habits may also have been modified, especially with an increase in the number of former smokers.

PAQUID (Personnes Agées QUID: what about the elderly?) is a cohort of 3,777 subjects, aged ≥ 65 yrs and living at home in south-west France, in which the factors and consequences of ageing are being studied [10]. The purpose of the present paper is to estimate the prevalence of chronic bronchitis based on the third year of follow-up of this sample, and to investigate its principal determinants, in particular age, sex, smoking history, educational level, main lifetime occupation, and associated morbidity.

Methods

Sample

The PAQUID cohort was initiated in 1988. The target population was a cohort of 3,777 subjects, aged ≥ 65 yrs living at home in the Gironde and Dordogne "departments" in south-western France. Subjects were randomly selected from electoral lists after stratification for age (65-74, 75-84, and ≥ 85 years), gender and urban unit (less than 2,000, 2,000-9,999, 10,000-49,999, $\geq 50,000$ inhabitants). Of 5,557 randomized subjects from 75 parishes, 3,777 (68%) agreed to be surveyed.

[A6]

© MASSON

Rev Neurol (Paris) 1997 ; 153 : 3, 185-192 185



Mémoire

Wine consumption and dementia in the elderly: a prospective community study in the Bordeaux area

J.-M. Orgogozo^{1,2}, J.-F. Dartigues^{1,2}, S. Lafont¹, L. Letenneur¹,
D. Commenges¹, R. Salamon¹, S. Renaud¹, M.B. Breteler³

¹ Unité de Recherche Épidémiologique, INSERM U 330, Université de Bordeaux II, 33076 Bordeaux Cedex, France.

² Département Universitaire de Neurologie, Hôpital Pellegrin, 33076 Bordeaux Cedex, France.

³ Department of Epidemiology and Biostatistics, Erasmus University, PO Box 1738, 3000 DR Rotterdam, The Netherlands.

SUMMARY

Alcoholism is a possible cause of dementia, mainly through associated nutritional deficiencies and, rarely, through acute direct toxicity. However alcohol consumption was not found to be a risk factor in previous epidemiologic studies. We prospectively studied 3,777 community residents aged 65 and over, in the districts of Gironde and Dordogne. Average daily alcoholic consumption was recorded at baseline. Incident cases of dementia and Alzheimer's disease were screened at follow-up with explicit criteria. At 3 years, 2,273 subjects not demented at baseline were still available for follow-up. Wine was the only alcoholic beverage reported by more than 95 p. 100 of regular drinkers. In the 318 subjects drinking 3 to 4 standard glasses per day (> 250 and up to 500 ml), categorized as moderate drinkers, the crude odds ratio (OR) was 0.18 for incident dementia ($p < 0.01$) and 0.25 for Alzheimer's disease ($p < 0.03$), as compared to the 971 non-drinkers. After adjusting for age, sex, education, occupation, baseline MMSE and other possible confounders, the ORs were respectively 0.19 ($p < 0.01$) and 0.28 ($p < 0.05$). In the 922 mild drinkers (< 1 to 2 glasses per day) there was a negative association only with AD, after adjustment (OR = 0.55 ; $p < 0.05$). The inverse relationship between moderate wine drinking and incident dementia was explained neither by known predictors of dementia nor by medical, psychological or socio-familial factors. Considering also the well documented negative associations between moderate wine consumption and cardiovascular morbidity and mortality in this age group, it seems that there is no medical rationale to advise people over 65 to quit drinking wine moderately, as this habit carries no specific risk and may even be of some benefit for their health. Advising all elderly people to drink wine regularly for prevention of dementia would be however premature at this stage.

Consommation de vin et démence chez les sujets âgés : étude épidémiologique prospective de terrain dans la région de Bordeaux.

J.-M. Orgogozo, J.-F. Dartigues, S. Lafont, L. Letenneur, D. Commenges, R. Salamon, S. Renaud, M.B. Breteler. Rev. Neurol. (Paris), 1997, 153 : 3, 185-192.

RÉSUMÉ

L'alcoolisme est une cause possible de démence, notamment à cause des carences nutritionnelles souvent associées et, rarement, du fait d'une toxicité directe aiguë. Cependant, la consommation d'alcool ne s'est pas avérée être un facteur de risque significatif de démence sénile dans la plupart des études épidémiologiques prospectives ou cas-témoins antérieurs où ce facteur a été étudié. Une relation entre consommation d'alcool et démence apparaît surtout dans des séries de cas sélectionnés soit sur la présence d'une démence, soit sur la notion d'une intoxication alcoolique chronique. Dans le cadre de l'étude épidémiologique PAQUID du vieillissement normal et pathologique, nous avons étudié prospectivement 3 777 sujets âgés de 65 ans ou plus, vivant à leur domicile dans les départements de la Gironde et la Dordogne. La consommation quotidienne moyenne de boisson alcoolisée a été recueillie lors du questionnaire initial. Les suivis à un an et 3 ans avaient comme objectif principal de rechercher des cas incidents de démence et de maladie d'Alzheimer avec des critères explicites. Les performances cognitives des sujets non déments ont été recueillies lors de ces suivis. A 3 ans, 2 273 sujets qui ne présentaient pas de démence lors du bilan initial d'inclusion ont pu être revus. Le vin était la seule boisson alcoolisée signalée par plus de 95 p. 100 des buveurs réguliers lors du questionnaire initial. Chez les 318 sujets ayant déclaré une consommation de 3 à 4 verres standard par jour (> 250 à 500 ml par jour), codée comme modérée, les rapports de cotes (RC) non ajustés étaient de 0,18 ($p < 0,01$) pour la démence incidente et de 0,25 pour la maladie d'Alzheimer ($p < 0,03$) par rapport aux 971 non buveurs. Après ajustement pour l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, la profession, le score du MMS à l'entrée et d'autres facteurs de confusion possibles, les RC étaient respectivement de 0,19 ($p < 0,01$) et 0,28 ($p < 0,05$). Chez les 922 sujets ayant déclaré boire de moins de 1 verre à 2 verres par jour, consommation codée comme minime, une relation négative n'a été trouvée qu'avec la maladie d'Alzheimer, après ajustement (RC = 0,55 ; $p < 0,05$). La relation inverse observée dans cette étude entre une consommation modérée de vin et la survenue d'une démence incidente n'a pu être expliquée ni par des facteurs prédictifs connus de démence ni par d'autres facteurs médicaux, psychologiques ou socio-familiaux. Si l'on prend aussi en considération la relation

Tirés à part : J.-M. Orgogozo, Hôpital Pellegrin, F-33076 Bordeaux.

J.-M. ORGOGOZO et coll.

[A7]

Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology
1998, Vol. 20, No. 2, pp. 280-285

1380-3395/98/2002-280\$12.00
© Swets & Zeitlinger

Analysis of Error Types in the Trail Making Test Evidences an Inhibitory Deficit in Dementia of the Alzheimer Type*

Hélène Amieva¹, Sylviane Lafont¹, Sophie Auriacombe², Constant Rainville³,
Jean-Marc Orgogozo^{1,2}, Jean-François Dartigues^{1,2}, and Colette Fabrigoule¹

¹INSERM U330, University of Bordeaux II, France, ²Service de Neurologie, Hôpital Pellegrin, Bordeaux,
³Centre de Recherche, Centre Hospitalier Côtes-des-Neiges, University of Montreal, Canada

ABSTRACT

Several studies have reported low performances of patients with dementia of the Alzheimer Type (DAT) on the Trail Making Test (TMT), however, these studies were not designed to identify specific operations underlying this impairment. To better understand the attentional disorder in DAT, we analyzed the performances of patients with DAT and matched elderly adults on the TMT, with a detailed analysis of error types. The analysis showed that 67% of patients' errors were related to an inhibitory deficit versus only 24% in normal elderly adults. Therefore, it was suggested that inefficient inhibitory mechanisms are responsible, to a large extent, for the poor TMT performance of patients with DAT, supporting the hypothesis of an inhibitory dysfunction in DAT.

A broad literature on dementia of the Alzheimer type (DAT) provided support for an early impairment of mechanisms involved in selective attention (e.g., Parasuraman & Haxby, 1993). Current theories of selective attention are based on the assumption that selecting information lays not only on an excitation process associated with the target, but also on an active suppression process specifically operating on distracting information (e.g., Tipper, 1985). The finding that patients with DAT presented no negative priming effect, contrary to normal elderly adults, led Sullivan, Faust, and Balota (1995) to assume an inhibitory deficit resulting in an ineffective suppression of distracter stimuli during the selection process. Consistent with this, Fisher, Freed, and Corkin (1990) showed that patients with DAT are particularly sensitive to Stroop interference, suggesting their great difficulty in inhibiting the tendency to read the word instead of naming the color of ink. Additional support co-

mes from the studies on the Trail Making Test (TMT) in which the time to complete Part B, requiring the shift between two sets of information without their mutual interference, seems to be particularly slowed in patients with DAT (Lafleche & Albert, 1995; Mitrushina, Satz, & Van Gorp, 1989).

Studies on the TMT and the Stroop test preferentially report time performances. However, recent literature on the qualitative features of neuropsychological performance showed that taking into account subjects' errors could be of great interest in DAT (Cahn et al., 1997). Specific error types were found, such as intrusions in verbal tasks (e.g., Amieva, Lafont, Rainville, Dartigues, & Fabrigoule, in press), reading intrusions in the Stroop test (Spieler, Balota, & Faust, 1996), or perseverative errors on the Wisconsin Card Sorting Test (e.g., Bondi, Monsch, Butters, Salmon, & Paulsen, 1993). Concerning the TMT, the common scoring procedure (Rei-

* This work was supported by grants from the GIS, Sciences de la Cognition. We also gratefully acknowledge the Caisse de Retraite Interentreprises (CRI) for its help in the selection of the normal elderly adults. Address correspondence to: Hélène Amieva, INSERM U330, Université de Bordeaux II, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux cedex, France. E-mail: Helene.Amieva@dim.u-bordeaux2.fr. Accepted for publication: March 3, 1998.

[A7]

58

TENNET VIII

M-17. Analysis of Inhibitory Dysfunction in Patients with Alzheimer's Disease and Normal Elderly Adults in Two Verbal Tasks

Hélène Amieva,* Sylviane Lafont,* Constant Rainville,†
Jean-Francois Dartigues,* and Colette Fabrigoule*

*U 330 INSERM, University of Bordeaux II; and †Centre de Recherche,
Centre Hospitalier Côte des Neiges, University of Montreal

Error types of inhibitory dysfunction in free recall and word categorical fluency tasks were compared in patients with Alzheimer's Disease (AD) and normal elderly. Results suggested that both groups presented inhibitory deficits, but with a different degree of impairment. Elderly adults seemed to have difficulty to suppress a no longer relevant information, entailing numerous repetitions, whereas AD patients seemed to have a disability to impede the entrance of irrelevant information into working memory, entailing numerous intrusions. In addition, results suggested that the presence of intrusions in the categorical fluency task was still more specific of AD than intrusions in the free recall task.

Introduction

Hasher and Zack's model (1988) postulates that the underlying cause of the slowing of information processing occurring in aging is the reduction of inhibitory efficiency mechanisms. Interestingly, an inhibitory decrement has also been reported in Dementia of Alzheimer's type (AD) (Sullivan and al., 1995). One way to assess inhibitory function, among the numerous procedures employed in literature, is to analyze individuals' errors in verbal tasks, as free recall, or word category fluency. Although these two tasks involve different cognitive processes, they have at least two features in common. First, the response is verbal, and second, words have to be activated from a learned list or a given semantic category while competitive distractors have to be suppressed. Inhibitory deficiency is reflected either by a difficulty to suppress an immediate recurrence of a previously named target word (repetition), or a disability to suppress irrelevant information from working memory, that is, extra-list or extra-category words (intrusion). Fuld and al. (1982) demonstrated that intrusions were characteristic of AD patients, and evidenced an association between intrusions, low choline acetyltransferase levels and senile plaques. Other researches showed elderly adults' difficulty suppressing no longer relevant information (Hartman & Hasher, 1991) and personalistic intrusions in speech (Gold et al., 1988). Present study was conducted to compare the error patterns of inhibitory dysfunction in AD individuals and normal elderly adults by examining intrusions and repetitions occurring in two verbal tasks.

[A9]



American Journal of Epidemiology
Copyright © 1998 by The Johns Hopkins University School of Hygiene and Public Health
All rights reserved

Vol. 148, No. 3
Printed in U.S.A.

Illustration of Analysis Taking into Account Complex Survey Considerations: The Association between Wine Consumption and Dementia in the PAQUID Study

Stanley Lemeshow,¹ Luc Letenneur,² Jean-François Dartigues,² Sylviane Lafont,² Jean-Marc Orgogozo,^{2,3}
and Daniel Commenge²

Epidemiologists are increasingly looking to large-scale sample surveys to provide data for studies of the associations between known or suspected risk factors and disease. More often than not, widely available statistical software packages have been used to analyze such data, particularly when multivariable modeling is involved. Such packages assume that the data have resulted from simple random samples. However, when the survey design incorporates such features as clustering and stratification, the results of statistical analyses based on this assumption can be incorrect. The authors utilized data from the PAQUID (Personnes Agees Quid) study, collected periodically from 1988 to 1996, to illustrate the ease of performing a "design-based" (vs. a "model-based") analysis of complex survey data, and they compared the results obtained using both approaches. The PAQUID study is a stratified cluster sample of elderly community residents in the south-western departments of Gironde and Dordogne, France. In the illustration presented—in which 3,777 community residents aged 65 years or older were selected to permit identification of baseline and lifetime factors that might be related to cognitive loss, dementia, and Alzheimer's disease—measures of association (such as odds ratios and their associated standard errors) were comparable for both analytical strategies. However, this may not be the case for other examples. Descriptive measures (such as estimates of means and proportions) may be more seriously compromised by the decision to ignore the sampling design. The availability of modern statistical packages with survey analysis capabilities should encourage data analysts to perform design-based analyses whenever possible. *Am J Epidemiol* 1998;148:298–306.

complex sample survey; data interpretation, statistical; design-based analysis; design effect; logistic models; longitudinal studies; sampling studies; stratified cluster sample

Numerous epidemiologic studies have supported a putative protective effect of moderate alcohol consumption on cardiovascular morbidity and mortality (1–6). These reports, based on ecologic, cohort, or case-control studies in different parts of the world, seem to be sufficiently convincing to justify preventive recommendations (7). A recent paper reported a relation between wine consumption and reduced risk of dementia or Alzheimer's disease based on a cohort sample from the PAQUID (Personnes Agees Quid) study (8). These results confirmed a similar trend

reported previously in an Italian case-control study (9) and in an American cohort study (10).

The protective effect (odds ratio = <0.25) demonstrated in the PAQUID study (8) conflicts with previous findings that alcohol and wine are neurotoxic and a cause of alcoholic encephalopathies (11, 12). However, in the original PAQUID study, data were analyzed ignoring the complexity of the sampling as well as certain key potentially confounding variables. These shortcomings may have impaired the validity of the results reported.

This paper focuses on the fundamental question of how data resulting from studies with complex sampling designs, such as PAQUID, should be analyzed. To date, all publications on the PAQUID database have treated the data as if they resulted from a simple random sample from a target population. However, this was not the case.

In this study, we reanalyzed the data from the PAQUID study using readily available data analytical strategies that accounted for the complexity of the

Received for publication August 20, 1997, and accepted for publication December 30, 1997.

Abbreviation: PAQUID, Personnes Agees Quid.

¹ Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health, University of Massachusetts, Amherst, MA.


² UFR de Santé Publique, INSERM U330, Université Bordeaux 2, Bordeaux, France.

³ Département Universitaire de Neurologie, Hôpital Pellegrin, Bordeaux, France.

Reprint requests to Dr. Stanley Lemeshow, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health, University of Massachusetts, 411 Arnold House, Amherst, MA 01003.

[A10]

Brain and Cognition 40, 26–100 (1999)

Article ID breg.1998.1065, available online at <http://www.idealibrary.com> on 

REFEREED PAPERS

Selective Attention in Alzheimer's Disease: Analysis of Errors
in Zazzo's Cancellation Task

H. Amieva, S. Lafont, J. F. Dartigues, and C. Fabrigoule

INSERM U 330, Université de Bordeaux II, France

The analysis of performances of individuals with Alzheimer's Disease (AD) on Cancellation Tasks provides useful information on the way they process their surrounding field, since these tasks require one to selectively attend to relevant features of the field while suppressing irrelevant ones. Inconsistently with the hypothesis of a general inhibitory breakdown in AD which would have predicted a considerable number of crossed distractors in AD individuals, previous results had shown that errors were predominantly omissions but rarely crossed distractors. However, our results on Zazzo's Cancellation Task showed that by increasing the features shared by the target and distractors, AD individuals also commit numerous crossed distractors. The results are interpreted in terms of inhibitory deficits. © 1999 Academic Press

In understanding how individuals with Alzheimer's Disease (AD) deal with the multiple information contained in the surrounding environment, Cancellation Tasks (CT) are of great interest. CT involve very fundamental cognitive mechanisms needed to process one's environment, since they require one to selectively attend to relevant features of the field while suppressing irrelevant ones. Previous results showed that the majority of AD individuals' errors on a digit CT (Della Sala et al., 1992) or a shape CT (Foldi et al., 1992) were omissions with very few crossed distractors. Given the recent assumption of a general inhibitory breakdown in AD (Sullivan et al., 1995), one could have expected numerous crossed distractors in AD individuals reflecting their difficulty to suppress distracting information. A possible explanation is that in both studies, the targets shared few features with the distractors making them easily distinguishable. The question raised is whether by increasing the number of features shared by targets and distractors, AD individuals would not only make omissions but also numerous crossed distractors. Therefore, we used the PAQUID data to analyze the errors of recently detected AD individuals and normal elderly on Zazzo's CT (ZCT) (Zazzo, 1951).

26

0278-2626/99 \$30.00

Copyright © 1999 by Academic Press

All rights of reproduction in any form reserved.



[A12]

Marital status and risk of Alzheimer's disease

A French population-based cohort study

C. Helmer, MD; D. Damon, MD; L. Letenneur, PhD; C. Fabrigoule, PhD; P. Barberger-Gateau, PhD; S. Lafont, MSc; R. Fuhrer, PhD; T. Antonucci, PhD; D. Commenges, PhD; J.M. Orgogozo, MD; and J.F. Dartigues, PhD

Article abstract—Objective: To analyze the relationship between marital status and risk of AD or dementia. **Methods:** This study was carried out from the Personnes Agées QUID (PAQUID) cohort, an epidemiologic study on normal and pathologic aging after age 65 years. The PAQUID cohort began in 1988. Individuals were followed up at 1, 3, and 5 years, with an active detection of dementia. Marital status was divided into four categories: widowed, never married, divorced or separated, and the reference category, married or cohabitant. The longitudinal relationship between marital status and risk of incident AD or dementia was analyzed by a Cox model with delayed entry. **Results:** Among the 3,675 individuals initially not demented, 2,106 were married or cohabitants, 1,287 were widowers, 179 were never married, and 103 were divorced or separated. Among the 2,881 individuals reevaluated at least once for the risk of dementia during the 5-year follow-up, 190 incident cases of dementia were identified, including 140 with AD. The relative risks (RRs) of dementia (RR = 1.91, $p = 0.018$) and of AD (RR = 2.68, $p < 0.001$) were increased for the never-married individuals compared with those who were married or cohabitants. This excess of risk was specifically associated with AD. Adjustment for other risk factors of dementia (education, wine consumption), or for factors reflecting social environment, leisure activities, and depression, did not modify the risk of AD for never-married individuals (RR = 2.51, $p = 0.02$). **Conclusions:** We confirmed an association between marital status and AD, with an excess risk observed among never-married individuals. This association may provide clues about the pathogenesis of AD. **Key words:** Dementia—AD—Risk factor—Marital status.

NEUROLOGY 1999;53:1953–1968

Marital status has been shown to be related to longevity and risk of chronic psychiatric disorders. Single or unmarried individuals have a lower life expectancy than married persons^{1–3} and have a higher risk of schizophrenia, particularly among men.⁴ Marital status has not been considered a risk factor for AD or dementia,^{5,6} and only a few studies have assessed the relationship between marital status and AD or dementia.

In the Rochester Epidemiology Project, the authors concluded an absence of association between marital status (ever married versus never married) and AD after a case-control study on 241 incident cases of AD.⁷ More recently, in the Hisayama study,⁸ the authors failed to find an association between marital status (unmarried versus others) and risk of AD or vascular dementia after 7 years of follow-up on 828 elderly Japanese people. To the contrary, in a population-based cohort from Mannheim,⁹ the authors found that the risk of dementia was significantly increased in single or divorced individuals

compared with married ones, with a relative risk (RR) of 2.9 after adjustment for age. However, the risk was estimated for dementia but not provided for AD. Moreover, adjustments for other social characteristics such as sex, education, or occupation were not presented, so that possible confounders to explain this relation cannot be ruled out. More recently, in a case-control study, the authors found that there were more single persons among demented individuals than among nondemented ones, but the results were not adjusted.¹⁰

The assessment of marital status was not always the same between studies. Thus, the considered category varied between “singles,” “singles and divorced,” and “unmarried individuals” (including never married, widowed, and divorced), and the reference group was either “ever married” or “married individuals.” Because of these differences and contradictory results, it seems necessary to analyze this relationship again on a larger sample of individuals exposed to a different social context.

From INSERM U 330 (Drs. Helmer, Damon, Letenneur, Fabrigoule, Barberger-Gateau, Commenges, Orgogozo, and Dartigues, and S. Lafont), Université de Bordeaux II; Fédération de Neurologie (Drs. Orgogozo and Dartigues), CHU de Bordeaux; and INSERM U 300 (Dr. Fuhrer), Recherches Épidémiologiques en Neurologie et Psychopathologie, Paris, France; and the Institute for Social Research (Dr. Antonucci), The University of Michigan, Ann Arbor, MI.

Supported by grants from Fondation de France, Novartis Pharma, Ann Insurance Group, Caisse Nationale d'Assurance Maladie, Caisse Primaire d'Assurance Maladie de Dordogne, Conseil Général de la Dordogne, Conseil Général de la Gironde, Conseil Régional d'Aquitaine, Danone, Ministère de la Recherche et de la Technologie, Mutualité Sociale Agricole de Gironde et Dordogne, Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale, Société Pechiney, 2010 Media, Caisse de Retraites Intersociété, Capizamec, Institut du Cerveau, Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales d'Aquitaine.

Received September 10, 1998. Accepted in final form July 20, 1999.

Address correspondence and reprint requests to Dr. Catherine Helmer, INSERM U 330, Université de Bordeaux II, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux Cedex, France.

Copyright © 1999 by the American Academy of Neurology 1953

Downloaded from www.neurology.org at UNIVERSIT VICTOR SEGALEN BORDE on May 25, 2009

[A13]

© Masson, Paris, 1999.

Rev. Epidém. et Santé Publ., 1999, 47, 7-17

Relation entre performances cognitives globales et dépendance évaluée par la grille AGGIR

Relation between cognitive performances and dependency state according to the AGGIR model

S. LAFONT, P. BARBERGER-GATEAU, C. SOURGEN, J.F. DARTIGUES

INSERM U330 146, rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux Cedex (Tirés à part : S. Lafont).

Background: The aim of the present study was to investigate the relation between cognitive performances and dependency state according to the AGGIR model, the national standardized instrument determining the attribution of the "Prestation Spécifique Dépendance" (PSD) in France.

Method: The sample of the study comprised 1 052 subjects aged 73 and over seen at the 8-year follow-up of the Paquid cohort. The "Autonomie Gérontologie Groupes Iso-Ressources" (AG-GIR) model relies on the assessment of eight measures of disability and two additional measures of intellectual coherence and orientation. The model results in a classification of six Iso-Ressources Groups (GIR), only the subjects from GIR 1, 2 or 3 being potential beneficiaries of the PSD.

Results: The percentage of completely independent subjects (GIR 6) was 85 % and only 6.1 % were dependent according to the level of the attribution of the PSD (GIR 1 to 3). Among these subjects, 57.8 % had been diagnosed as cases of dementia. Conversely, less than half of the cases of dementia were not potential beneficiaries of the PSD. Cognitive performances assessed by the Mini Mental State Examination (MMSE), were associated to a risk of dependency with an odds ratio of 1.4 for the subjects who lost one point on the MMSE (95 % CI : 1.3 – 1.5, $p < 0.001$). Even when dementia was not diagnosed, low cognitive performances and dyspnea were the main factors of the dependency classification according to the AGGIR model.

Conclusions: This study confirms the relationship between cognitive performances and dependency assessed by the AGGIR model. However the model seems to lack sensitivity for taking into account functional impairment associated with dementia. Consideration of Instrumental Activities of Daily Living in the classification procedure could improve the satisfaction of the needs of these subjects.

Ageing. Dependency. Cognitive performances. Dementia.

Objectif : Il s'agissait d'étudier la relation entre les performances cognitives globales mesurées par le Mini Mental State (MMS) et la dépendance évaluée par la grille AGGIR, outil national d'évaluation de la dépendance pour l'attribution de la Prestation Spécifique Dépendance (PSD) en France.

Méthode : L'échantillon est constitué de 1 052 sujets âgés de 73 ans et plus, issus de la cohorte Paquid et vus au suivi 8 ans dans le département de la Gironde. Le système « Autonomie Gérontologie Groupes Iso-Ressources » (AG-GIR) est basé sur l'évaluation de 8 items d'incapacité, auxquels s'ajoutent les notions de cohérence et d'orientation. Il aboutit à une classification en 6 groupes iso-ressources (GIR) ; seules les personnes appartenant aux groupes GIR 1, 2 ou 3 peuvent prétendre à la PSD.

Résultats : La proportion de sujets totalement autonomes selon cette échelle (GIR 6) est de 85 %. Au seuil d'attribution de la PSD, seuls 6,1 % des sujets sont dépendants. Parmi eux, plus de la moitié (57,8 %) ont été diagnostiqués déments, et parallèlement un peu moins de la moitié des 73 sujets

Texte reçu le 23 février 1998. Acceptation définitive le 11 juin 1998.

déments vus au suivi 8 ans ne sont pas de potentiels bénéficiaires de la prestation. Le niveau cognitif, mesuré par le MMS, est associé à un risque de dépendance 1,4 fois plus élevé pour les sujets qui ont un point de MMS en moins (IC95 % : 1,3 – 1,5, $p < 0,001$). Même en l'absence d'une démence diagnostiquée, de basses performances cognitives ainsi que la présence d'une dyspnée sont les principaux facteurs de la classification de la dépendance par la grille AGGIR.

Conclusion : Cette étude confirme la relation entre les performances cognitives et la dépendance évaluée ici par la grille AGGIR mais il semble toutefois que cette échelle manque de sensibilité pour appréhender les déficits cognitifs sévères et en particulier la démence. La prise en compte de variables évaluant les activités instrumentales de la vie courante dans l'algorithme de classification pourrait améliorer la prise en charge de ces sujets.

Vieillesse. Dépendance. Performances cognitives. Démence.

INTRODUCTION

La loi du 24 janvier 1997 institue une nouvelle mesure à l'attention des personnes âgées dépendantes : la Prestation Spécifique Dépendance (PSD). Destinée à remplacer chez les personnes âgées l'allocation compensatrice pour tierce personne créée en 1975 pour les personnes handicapées, elle devrait également permettre de développer la coordination gérontologique et participer à la réforme de la tarification des établissements accueillant des personnes âgées dépendantes. Le système Autonomie Gérontologie Groupes Iso-Ressources (AG-GIR), proposé par le syndicat national de gérontologie clinique, a été retenu comme outil d'évaluation de la dépendance [1]. Basé sur l'évaluation de 8 items d'incapacité, auxquels s'ajoutent les notions de cohérence et d'orientation, il aboutit à une classification en 6 groupes iso-ressources (GIR). Seules les personnes appartenant aux groupes GIR 1, 2 ou 3 peuvent prétendre à la PSD, sous réserve de conditions de ressources financières [2]. L'attribution de la PSD est accompagnée d'un plan d'aide faisant suite à un bilan effectué par une équipe médico-sociale, bilan comprenant, outre l'évaluation de la dépendance selon la grille AGGIR, un examen médical et un recueil d'informations sur l'environnement physique et social de la personne.

La grille AGGIR devient ainsi l'outil national d'évaluation de la dépendance. Néanmoins, peu de travaux concernant cette grille ont été publiés [3, 4]. Les composantes de l'incapacité des sujets appartenant à chacun des groupes GIR, notamment, sont mal connues, ce qui entraîne une égale méconnaissance du profil des bénéficiaires potentiels de la PSD. En outre, à côté de la prestation

purement financière, variable d'un département à l'autre et à enveloppe constante, il importe de mettre en place de véritables structures d'aide aux personnes âgées, à travers notamment des réseaux de soins. L'optimisation de cette démarche suppose que soit mieux défini le profil des bénéficiaires potentiels : les aides nécessaires ne sont pas les mêmes s'il s'agit d'une dépendance purement physique, chez une personne âgée ayant conservé ses facultés intellectuelles ou au contraire d'une dégradation progressive et irréversible liée à la détérioration des fonctions cognitives. Or la déficience cognitive est l'un des facteurs majeurs d'incapacité chez les personnes âgées [5] ainsi que de non-réversibilité de l'incapacité [6]. Évaluée dans sa forme la plus sévère par le diagnostic de démence, la déficience cognitive peut aussi être mesurée par une échelle de performances globales telle que le Mini Mental State (MMS) [7].

L'enquête épidémiologique Paquid (Personnes Âgées QUID), menée auprès d'un échantillon représentatif des personnes âgées de 65 ans et plus, vivant à domicile lors du recueil initial, permet d'étudier à la fois la détérioration cognitive, en particulier la survenue d'une démence, et l'incapacité fonctionnelle au moyen de plusieurs indicateurs dont la grille AGGIR, intégrée au suivi 8 ans.

L'objectif de ce travail est d'étudier la relation entre les performances cognitives globales mesurées par le MMS et la dépendance évaluée par la grille AGGIR, en déterminant à la fois la part de la démence prise en compte dans le système AGGIR mais aussi celle des performances cognitives des sujets, indépendamment du diagnostic de démence.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

POPULATION D'ÉTUDE - ÉCHANTILLON

Paquid est une enquête prospective commencée en 1988 dont les objectifs sont, d'une part l'étude du vieillissement cérébral normal et pathologique, et d'autre part l'analyse des modalités de la perte d'autonomie après 65 ans. L'échantillon initial était constitué de 3 777 sujets vivant à leur domicile et tirés au sort sur les listes électorales de 37 communes choisies au hasard dans le département de la Gironde et 38 communes dans le département de la Dordogne. La méthodologie générale de l'étude Paquid a déjà été exposée dans plusieurs articles [8]. Malgré un taux de refus initial de 31 %, un sous-échantillon de sujets de Gironde ayant refusé de participer a permis de montrer que l'échantillon des participants à l'étude était représentatif pour l'âge, le sexe et le niveau d'études de la population de la Gironde âgée de 65 ans et plus [9].

La présente étude porte sur l'analyse des données recueillies auprès de 1 052 sujets vus dans le département de la Gironde au cours du suivi 8 ans.

AUTONOMIE ET AIDE

AGGIR est un modèle d'analyse qui permet une évaluation qualitative basée sur l'observation de ce que fait spontanément la personne sans l'aide d'un tiers, et une évaluation quantitative du niveau d'aides et de soins dont la personne a besoin pour effectuer un certain nombre d'activités [10]. Dix activités discriminantes relatives aux actes essentiels de la vie ont été retenues pour l'évaluation de l'autonomie de la personne : la cohérence, l'orientation, la toilette, l'habillement, l'alimentation, l'élimination, les transferts, les déplacements à l'intérieur, les déplacements à l'extérieur et la communication à distance, les deux dernières n'étant prises en compte qu'à domicile. Les modalités de ces variables distinguent les sujets effectuant seuls, totalement et correctement ces activités, des sujets les effectuant partiellement ou non habituellement, et des sujets n'effectuant pas ces activités discriminantes. Un premier classement attribue à chacun des sujets un rang qui correspond à un profil d'autonomie : le premier rang réunit des sujets qui n'effectuent aucune des activités discriminantes, les rangs suivants voient diminuer les activités non ou partiellement effectuées, le treizième rang regroupe les personnes effectuant toutes les activités discriminantes. Un second classement regroupe les profils correspondant à une moyenne de charge en soins comparable. Le modèle conduit à la définition de six groupes iso-ressources, c'est-à-dire consommant le même niveau de ressources, aussi bien en terme d'intensité que de pénibilité : le groupe iso-ressources 1 (GIR 1) correspond à des personnes confinées au lit ou dans un fauteuil, dont les fonctions intellectuelles sont gravement altérées, qui nécessitent une présence indispensable et continue d'intervenants. Dans ce groupe se trouvent les personnes en fin de vie. Le groupe iso-ressources 2 (GIR 2) comprend deux catégories de personnes âgées : d'une part celles qui sont confinées au lit ou au fauteuil, dont les fonctions intellectuelles ne sont pas totalement altérées mais qui nécessitent une prise en charge pour la plupart des activités courantes ; et d'autre part celles dont les fonctions mentales sont altérées mais qui ont conservé leur capacité à se déplacer (« déments déambu-

lants »). Le groupe iso-ressources 3 (GIR 3) correspond aux personnes âgées ayant conservé leurs fonctions intellectuelles et partiellement leur capacité à se déplacer, mais qui nécessitent plusieurs fois par jour des aides pour leur autonomie corporelle. De plus, la majorité d'entre elles n'assurent pas seules l'hygiène de l'élimination tant anale qu'urinaire. Le groupe iso-ressources 4 (GIR 4) comprend essentiellement deux catégories de personnes. On retrouve dans la première les sujets qui n'assument pas seuls leurs transferts mais qui, une fois levés, peuvent se déplacer à l'intérieur du logement. Ils doivent parfois être aidés pour la toilette et l'habillement, la grande majorité d'entre eux s'alimente seule. La seconde catégorie regroupe des personnes qui n'ont pas de problèmes pour se déplacer, mais qu'il faut aider pour les activités corporelles ainsi que pour les repas. Le groupe iso-ressources 5 (GIR 5) correspond aux personnes qui assurent seules leurs déplacements à l'intérieur de leur logement, s'alimentent et s'habillent seules. Elles nécessitent une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage. Le groupe iso-ressources 6 (GIR 6) regroupe toutes les personnes qui n'ont pas perdu leur autonomie pour les actes discriminants de la vie courante [11].

Selon cette définition, seuls les groupes iso-ressources 1 et 2 prennent directement en compte les personnes présentant un déficit cognitif. Le seuil classant les sujets en bénéficiaires potentiels est fixé pour les groupes 1 à 3 [2]. Dans le travail qui suit, et en se basant sur le seuil d'attribution de la PSD, nous avons considéré les sujets dépendants s'ils appartenaient aux 3 premiers groupes iso-ressources et non dépendants dans le cas contraire, ce qui constitue en soi un abus de langage puisque seuls les sujets du groupe 6 sont parfaitement autonomes. Par ailleurs, deux éléments essentiels dans l'attribution de la PSD n'ont pu être évalués dans cette étude : le niveau de la demande de prestation par les sujets ou leur famille d'une part, et les ressources financières d'autre part. Cela conduit nécessairement à une surestimation de la proportion de bénéficiaires de la PSD. Enfin, le montant de la prestation, variable d'un département à l'autre pour un même niveau de dépendance, ne sera pas examiné dans ce travail en dépit de son incidence sur la prise en charge des personnes âgées dépendantes.

SANTÉ MENTALE

Le niveau cognitif global des sujets est évalué par le score au Mini Mental State (MMS) de Folstein [7]. Les 30 items du MMS explorent l'orientation dans le temps et dans l'espace, la mémoire immédiate et différée, l'attention, le langage et les capacités d'exécution de différentes consignes orales et écrites. L'addition des 30 items conduit à un score croissant avec la performance cognitive. Le score moyen ainsi que le score en classes (0-18, 19-24, 25-27, 28-30) sont utilisés dans l'analyse.

À l'issue d'une évaluation par des tests psychométriques, le questionnaire permettant de reconstituer les critères diagnostiques DSM III-R est rempli par les psychologues [12, 13]. Un neurologue se rend ensuite au domicile des sujets et il confirme le diagnostic de démence en précisant son étiologie. L'ensemble des sujets diagnostiqués déments depuis le début de l'étude et vus au suivi 8 ans sont inclus dans ce travail.

La présence d'une symptomatologie dépressive est mesurée par le score, variant de 0 à 60, à la CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression scale) [14] dans sa version française. Sont considérés comme présentant une symptomatologie dépressive les sujets ayant un score supérieur à 16 pour les hommes et supérieur à 22 pour les femmes [15].

SANTÉ PHYSIQUE

Les déficiences visuelles et auditives sont auto évaluées par les sujets. Les sujets ont une déficience visuelle s'ils présentent, malgré correction, des troubles retentissant sur les activités usuelles (reconnaître les visages, lire, coudre, bricoler...) ou s'ils présentent une cécité totale. La déficience auditive est mesurée par une gêne pour suivre une conversation à plusieurs ou dans le bruit, ceci malgré un appareillage, ou une surdité totale. La présence d'une dyspnée est évaluée par la recherche d'un essoufflement, sur une échelle cotée de 0 à 4 (0 : essoufflement dans aucune des circonstances suivantes ; 1 : essoufflement par des efforts importants (monter plusieurs étages) ; 2 : essoufflement par des efforts mineurs (marcher à la même vitesse qu'une personne du même âge) ; 3 : essoufflement par des activités de la vie courante (toilette, habillage) ; 4 : essoufflement permanent même au repos). Les sujets sont classés dyspnéiques s'ils sont essoufflés au moins par des efforts mineurs (réponse ≥ 2) [16].

VARIABLES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES

Le sexe et l'âge des sujets au moment du suivi 8 ans (en variable continue et en classes : moins de 75 ans, 75-79 ans, 80-84 ans et 85 ans et plus), le niveau d'études en deux classes (pas de scolarité ou pas le Certificat d'Études Primaires versus au moins le Certificat d'Études Primaires) sont utilisés en variables d'ajustement. Sont considérés comme vivant à domicile, outre ceux vivant à leur domicile personnel familial, les sujets résidant en logement-foyer ou en résidence pour personnes âgées.

ANALYSES STATISTIQUES

Les comparaisons entre sujets dépendants et non dépendants, en analyse univariée, ont été effectuées par des tests de Student pour les variables quantitatives et des χ^2 pour les variables qualitatives. L'analyse des facteurs associés à la dépendance a été effectuée avec 4 modèles successifs de régressions logistiques ; tout d'abord avec uniquement les facteurs socio-démographiques ; puis ces derniers avec les variables caractérisant l'état de santé physique des sujets ; et enfin en intégrant les variables évaluant le niveau cognitif des sujets. Le dernier modèle comprend l'ensemble des variables précédemment citées mais seuls les sujets non diagnostiqués déments au cours du suivi ont été retenus. Pour certaines de ces analyses, nous avons conservé les données manquantes et créé une modalité spécifique lorsque celles-ci étaient informatives, c'est-à-dire lorsque le fait de ne pas répondre était associé à la variable étudiée, les performances cognitives dans le cas présent. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SAS.

RÉSULTATS

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

Parmi les 2 792 sujets inclus initialement dans le projet Paquid dans le département de la Gironde, 1 119 ont participé au suivi 8 ans, 935 sont décédés (33,5 %), 679 ont refusé de participer au suivi (24,3 %), 53 sujets ont quitté le département (1,9 %) et enfin 6 sont perdus de vue. L'âge moyen des sujets au recueil initial selon leur statut à 8 ans — revu, décédé, non vu (regroupement des 3 dernières catégories) — est respectivement de 72,8 ans, 79,0 ans et 73,0 ans. La proportion d'hommes est de 38,7 % parmi les sujets revus, 47,5 % parmi les sujets décédés et 33,2 % parmi les non vus. Enfin, 74,0 % des sujets revus ont obtenu au moins le Certificat d'Études Primaires contre seulement 59,1 % des sujets décédés et 65,2 % des sujets non vus.

Parmi les 1 119 sujets revus au cours du suivi 8 ans en Gironde, 1 109 ont répondu aux questions discriminantes de la grille AGGIR et 1 052 sujets à l'ensemble des variables utilisées dans l'analyse. La population étudiée est âgée en moyenne de 80,5 ans avec une proportion de plus de 60 % de femmes. La répartition des sujets selon leurs caractéristiques socio-démographiques et leur classement en groupes iso-ressources est présentée dans le *tableau 1*. Ces résultats montrent qu'une très forte proportion des sujets (85 %) est classée dans le groupe 6 et est donc totalement autonome. Même si cette proportion diminue avec l'âge, le système AGGIR classe encore 66,3 % des sujets les plus âgés (85 ans et plus) dans le groupe totalement autonome. On observe bien sûr des répartitions très différentes du mode d'hébergement dans chaque groupe iso-ressources, l'entrée en institution ne pouvant dater de plus de 8 ans puisque postérieure au recueil initial.

CARACTÉRISTIQUES DES SUJETS DÉPENDANTS : ANALYSE UNIVARIÉE

Si on considère le seuil d'attribution de la PSD (GIR 1 à 3), seuls 64 sujets (6,1 %) sont dépendants. La comparaison des sujets dépendants et non dépendants, compte tenu de ce seuil, met en évidence un certain nombre de différences (*tableau 2*). Les sujets dépendants sont significativement plus âgés, ont atteint un niveau d'études

PERFORMANCES COGNITIVES ET DÉPENDANCE

11

TABLEAU I. — Caractéristiques socio-démographiques des sujets et groupes iso-ressources (GIR)^a, Paquid - suivi 8 ans, N = 1052

	GIR 1	GIR 2	GIR 3	GIR 4	GIR 5	GIR 6
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Ensemble des sujets	2 (0,2)	35 (3,3)	27 (2,6)	45 (4,3)	49 (4,6)	894 (85,0)
Mode d'hébergement						
domicile	1	12 (34,3)	13 (48,1)	37 (82,2)	42 (85,7)	879 (98,3)
institution	1	23 (65,7)	14 (51,9)	8 (17,8)	7 (14,3)	15 (1,7)
Âge à T8						
moyenne (écart-type)	86,2 (4,8)	83,9 (5,7)	87,8 (6,8)	84,6 (6,9)	84,7 (6,0)	79,7 (5,2)
en classes:						
moins de 75 ans	–	4 (11,4)	–	5 (11,1)	2 (4,1)	192 (21,5)
75-79 ans	–	4 (11,4)	2 (7,4)	6 (13,3)	10 (20,4)	319 (35,7)
80-84 ans	1	10 (28,6)	8 (29,6)	10 (22,2)	13 (26,5)	220 (24,6)
85 ans et plus	1	17 (48,6)	17 (63,0)	24 (53,4)	24 (49,0)	163 (18,2)
Sexe						
Hommes	1	12 (34,3)	8 (29,6)	21 (46,7)	18 (36,7)	358 (40,0)
Femmes	1	23 (65,7)	19 (70,4)	24 (53,3)	31 (63,3)	536 (60,0)
Niveau d'études						
pas de scolarité ou pas le CEP ^b	–	12 (34,3)	14 (51,9)	19 (42,2)	16 (32,7)	199 (22,3)
au moins le CEP	2	23 (65,7)	13 (48,1)	26 (57,8)	33 (67,3)	695 (77,7)

^a GIR : Groupes Iso-Ressources (cf définition chapitre Matériel et Méthode).^b CEP : Certificat d'Études Primaires.

significativement plus bas que les sujets non dépendants. Concernant les variables connues comme associées à la dépendance, les sujets dépendants sont significativement plus déprimés que les sujets non dépendants. Le score moyen au MMS des non-répondants à l'échelle de CESD étant significativement plus bas que celui des répondants (respectivement $m = 20,7$, écart-type = 7,7 et $m = 26,9$, écart-type = 3,0, $p < 0,001$), nous avons conservé les données manquantes pour l'échelle de symptomatologie dépressive.

Les troubles visuels ainsi que la présence d'une dyspnée sont également plus fréquents chez les sujets dépendants. Le niveau cognitif mesuré par le MMS moyen est significativement plus faible chez les sujets dépendants que chez les sujets non dépendants (respectivement 16,6 et 26,9) ; de la même façon, les répartitions des sujets dépendants et non dépendants en fonction des classes de MMS sont significativement différentes avec une proportion de sujets dépendants qui diminue fortement dans les classes

regroupant les scores les plus élevés. Le sex-ratio ainsi que la présence d'un déficit auditif ne sont pas significativement différents chez les dépendants et les non-dépendants.

PART DE LA DÉMENCE DANS LE SYSTÈME AGGIR

Le *tableau III* montre que parmi les 64 sujets susceptibles de bénéficier de la PSD, plus de la moitié (57,8 %) ont été diagnostiqués déments. Parallèlement, un peu moins de la moitié (49,3 %) des 73 sujets déments vus au suivi 8 ans se trouve dans les groupes GIR 4, 5 ou 6 ; ces sujets déments ne sont donc pas de potentiels bénéficiaires de la prestation. Or le niveau moyen du MMS de ces sujets est particulièrement faible. En particulier, les déments appartenant au GIR 4 ont un score moyen au MMS de 15,9 points avec un minimum à 11 et un maximum à 21 (*tableau IV*). Ceci étant, même si on modifiait le seuil d'attribution de la PSD en intégrant les GIR 4, on passerait seulement de 50,7 % des déments potentiellement bénéficiaires de la PSD à un taux de 61,6 %.

TABLEAU II. — Caractéristiques socio-démographiques des sujets et dépendance au seuil de la PSD^a, Paquid - suivi 8 ans, N = 1052.

	GIR 1-2-3 (n = 64)		GIR 4-5-6 (n = 988)		p
	n	(%)	n	(%)	
Âge moyen à T8 (écart-type)	85,6	(6,4)	80,2	(5,5)	0,0001
Sexe					
hommes	21	(32,8)	397	(40,2)	NS
femmes	43	(67,2)	591	(59,8)	
Niveau d'études					
pas de scolarité ou pas le CEP	38	(59,4)	754	(76,3)	0,002
au moins le CEP	26	(40,6)	234	(23,7)	
Déficit auditif					
absence	27	(42,2)	766	(77,5)	0,001
présence	37	(57,8)	222	(22,5)	
Déficit visuel					
absence	35	(54,7)	552	(55,9)	NS
présence	29	(45,3)	436	(44,1)	
Dyspnée					
absence	19	(29,7)	748	(75,7)	0,001
présence	45	(70,3)	240	(84,2)	
Symptomatologie dépressive					
non-déprimé	22	(34,4)	836	(84,6)	0,001
déprimé	9	(14,0)	72	(7,3)	
non-répondant	33	(51,6)	80	(8,1)	
Niveau cognitif global					
MMS moyen (écart-type)	16,6	(7,9)	26,9	(3,0)	0,0001
MMS en classes : [0 - 19]	39	(60,9)	32	(3,2)	0,001
[19 - 25]	16	(25,0)	142	(14,4)	
[25 - 28]	4	(6,3)	264	(26,7)	
[28 - 30]	5	(7,8)	550	(55,7)	

GIR 1-2-3 : groupes bénéficiaires de la PSD

^a Prestation Spécifique DépendanceTABLEAU III. — Diagnostic de démence et dépendance au seuil de la PSD^a, Paquid - suivi 8 ans, N = 1052

	Sujets dépendants (GIR 1-2-3) n = 64		Sujets non dépendants (GIR 4-5-6) n = 988	
	n	(%)	n	(%)
Sujets déments	37	(57,8)	36	(3,6)
Sujets non déments	27	(42,2)	952	(96,4)

^a Prestation Spécifique DépendancePART DES PERFORMANCES COGNITIVES
DANS LE SYSTÈME AGGIR

Le tableau V met en évidence les relations entre les différentes caractéristiques socio-démographiques, physiques, cognitives des sujets, et la dépendance selon la grille AGGIR au seuil de la PSD. La prise en compte des seules variables socio-démographiques dans le modèle 1 fait apparaître une relation significative entre dépendance et âge (OR = 1,15; IC95% : 1,10 - 1,20). Le sexe et le niveau d'études ne sont pas signi-

PERFORMANCES COGNITIVES ET DÉPENDANCE

13

ficativement associés à la dépendance dans ce modèle. Lorsqu'on inclut des variables caractérisant l'état physique des sujets et connues comme étant associées à la dépendance (modèle 2), la présence d'un déficit visuel multiplie par 2,46 (IC95 % : 1,37 - 4,44) le risque d'appartenir au groupe des sujets dépendants, indépendamment de la présence d'une dyspnée qui, elle, multiplie ce risque par 4,96 (IC95 % : 2,72 - 9,06), l'âge restant lui aussi un facteur de risque significatif dans ce modèle. Quant au déficit auditif, sa présence est, dans ce modèle, significativement associée à un risque moins élevé d'être dépendant.

Enfin, lorsqu'on intègre une dimension cognitive au modèle (modèle 3), le score au MMS est associé à la dépendance avec un risque de dépendance 1,4 fois plus élevé pour les sujets qui ont un point de MMS en moins (IC95 % : 1,3 - 1,5), et ceci indépendamment de la présence d'une dyspnée qui reste significativement associée à la dépendance avec un odds-ratio comparable à celui du modèle précédent. La prise en compte du niveau cognitif global dans ce modèle fait disparaître la signification de l'augmentation du risque

de dépendance avec l'âge, en revanche elle met en évidence un risque de dépendance significativement moins élevé chez les sujets à bas niveau d'études et donc inverse par rapport à l'analyse univariée. La symptomatologie dépressive, n'est pas, indépendamment du MMS, associée à la dépendance dans la grille AGGIR. Aucune des interactions testées dans ce modèle (âge - sexe, sexe - niveau d'études, MMS - niveau d'études et enfin MMS - symptomatologie dépressive) n'est significative.

Dans le modèle 4 où les 73 sujets déments ont été exclus de l'analyse, on observe les mêmes résultats concernant le MMS avec un odds-ratio, bien que plus faible, toujours significativement associé à la dépendance, indépendamment des autres variables. La démence n'explique donc pas la totalité de la relation entre niveau cognitif et dépendance.

L'exclusion des 73 déments augmente le risque de dépendance des sujets dyspnéiques avec toutefois un intervalle de confiance très grand. Enfin, la relation entre dépendance et niveau d'études n'est plus significative.

TABLEAU IV. — Niveau de MMS selon le diagnostic de démence et les GIR, Paquid - suivi 8 ans, N = 1 052

	GIR 1	GIR 2	GIR 3	GIR 4	GIR 5	GIR 6	Total
Sujets déments							
effectifs	2	24	11	8	8	20	73
MMS moyen		12,3	14,6	15,9	17,4	19,3	15,2
(écart-type)		(5,9)	(5,8)	(3,2)	(2,8)	(2,7)	(5,8)
[min - max]	[0 - 1]	[0 - 27]	[3 - 24]	[11 - 21]	[15 - 23]	[14 - 23]	[0 - 27]
Sujets non déments							
effectifs	0	11	16	37	41	874	979
MMS moyen		20,4	23,6	24,8	25,6	27,4	27,1
(écart-type)		(8,5)	(3,0)	(3,7)	(2,8)	(2,3)	(2,7)
[min - max]		[1 - 29]	[19 - 29]	[13 - 30]	[18 - 29]	[18 - 30]	[1 - 30]
Ensemble des sujets							
effectifs	2	35	27	45	49	894	1 052
MMS moyen		14,9	20,0	23,2	24,3	27,2	26,2
(écart-type)		(7,7)	(6,2)	(5,0)	(4,1)	(2,6)	(4,3)
[min - max]	[0 - 1]	[0 - 29]	[3 - 29]	[11 - 30]	[15 - 29]	[14 - 30]	[0 - 30]

TABLEAU V. — Résultats des 4 modèles de régression logistique (OR ajustés et IC 95 %) étudiant le risque de dépendance au seuil de la PSD. Paquid - suivi 8 ans, N = 1 052

	Modèle 1 ^a		Modèle 2 ^b		Modèle 3 ^c		Modèle 4 ^d	
Âge à T8	1,15***	(1,10-1,20)	1,13***	(1,08-1,19)	1,05	(0,99-1,12)	1,08*	(1,0-1,16)
Sexe								
F vs H	1,07	(0,61-1,87)	0,76	(0,42-1,38)	0,61	(0,28-1,31)	1,05	(0,39-2,85)
Niveau d'études								
pas CEP vs CEP et plus	1,63	(0,95-2,80)	1,33	(0,75-2,36)	0,45*	(0,21-0,96)	0,98	(0,38-2,52)
Déficit visuel								
présence vs absence			2,46**	(1,37-4,44)	1,89	(0,87-4,08)	2,62	(0,99-6,93)
Déficit auditif								
présence vs absence			0,41**	(0,22-0,74)	0,59	(0,27-1,28)	0,67	(0,25-1,78)
Dyspnée								
présence vs absence			4,96***	(2,72-9,06)	5,98***	(2,71-13,2)	11,9***	(3,3-42,8)
Score MMS					0,73***	(0,68-0,79)	0,82**	(0,72-0,93)
Symptomatologie dépressive								
déprimé vs non-déprimé					1,19	(0,44-3,27)	0,59	(0,15-2,31)
non-répondant vs non-déprimé					1,76	(0,74-4,18)	1,24	(0,39-3,95)

* p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001.

^a variables socio-démographiques.

^b variables socio-démographiques + santé physique.

^c variables socio-démographiques + santé physique + santé mentale.

^d variables socio-démographiques + santé physique + santé mentale : en enlevant les 73 sujets déments.

DISCUSSION

Ces résultats mettent en évidence l'importance des performances cognitives et de la démence dans la classification des éventuels bénéficiaires de la PSD selon la grille AGGIR. Selon la définition théorique des groupes GIR, seuls les groupes 1 et 2 comportent des personnes âgées détériorées sur le plan cognitif. Or dans notre étude, 49,3 % des déments diagnostiqués sont classés dans les groupes GIR 4 à 6. Plus de la moitié de ces sujets déments non dépendants selon AGGIR (52,8 %) présente en fait une détérioration cognitive sévère (MMS ≤ 18), en particulier les sujets GIR 4. Cela traduit un manque de fiabilité des items de cohérence et d'orientation, et donc un manque de sensibilité de ces mêmes items et des 8 autres items d'incapacité pour appréhender la détérioration cognitive. Les 8 variables d'incapacité dans la grille AGGIR explorent essentiellement les activités de base de la vie courante alors que ce sont les activités instrumentales qui sont les plus corrélées au niveau cognitif [17]. Or ces dernières ne sont

intégrées dans la grille AGGIR qu'en qualité de variables illustratives, elle ne concourent donc pas à la classification. Ce système exclut par conséquent du bénéfice de la PSD et du plan d'aide la moitié des sujets déments bien que leur autonomie, évaluée parallèlement pour les activités de base de la vie courante par l'échelle de Katz [18] et pour les activités instrumentales par l'échelle de Lawton [19], diffère de celle des sujets non déments ; parmi les sujets non dépendants selon AGGIR, 17,1 % des sujets non déments sont dépendants pour au moins une activité de base de la vie courante, contre 33,3 % des sujets déments. Cette différence entre déments et non-déments est beaucoup plus marquée si on regarde l'autonomie pour les activités instrumentales de la vie courante ; toujours parmi les non-dépendants AGGIR, 32,7 % des non-déments sont dépendants pour au moins une activité instrumentale, contre 91,7 % des sujets déments.

Parallèlement à cela, plus de la moitié des sujets classés dépendants par la grille AGGIR ont été diagnostiqués déments. Cela suppose en particulier

une prise en charge spécifique de ces sujets, qui peuvent notamment poser de gros problèmes de surveillance et de tolérance par l'entourage en cas de troubles du comportement.

Même en l'absence de démence diagnostiquée, les performances cognitives et la dyspnée sont les principaux facteurs de la classification comme dépendant par AGGIR. Une différence de 3 points de MMS multiplie par 1,8 le risque de dépendance pour les sujets non déments et par 2,6 ce risque pour l'ensemble des sujets. Cette relation existe avec l'ensemble des échelles d'autonomie ; que ce soit en transversal ou en longitudinal, les sujets à bas niveau de MMS ou les sujets qui ont une baisse du MMS ont un risque plus élevé de dépendance que les sujets à haut niveau de MMS ou qui ont un MMS constant [6, 20].

On note le résultat surprenant dans le modèle 3 de l'effet du niveau d'études : un bas niveau d'études est associé à un plus faible risque de dépendance lorsqu'on ajuste sur l'ensemble des autres facteurs. Parmi les 37 sujets déments dépendants, seulement 35,1 % ont un bas niveau d'études contre 55,6 % chez les déments non-dépendants. Cette relation peut s'expliquer par le fait que les capacités de réserve des sujets les plus éduqués [21] vont compenser un certain temps leur déficit cognitif et que lorsque ces sujets présentent des troubles cognitifs « détectables », leur niveau de dépendance est plus avancé. Parallèlement, les sujets à bas niveau d'études ont normalement des performances cognitives plus basses, alors que chez les sujets à haut niveau d'études, un bas niveau au MMS signe une pathologie sous-jacente et donc un plus grand risque de dépendance. Ceci est confirmé par la disparition de la signification lorsqu'on élimine les sujets déments (modèle 4) ; cette fois-ci parmi les sujets non déments dépendants, 48,1 % ont un bas niveau d'études contre 22,5 % des sujets non déments non dépendants. Les autres indicateurs d'incapacité utilisés dans Paquid (ADL de Katz, IADL de Lawton, échelle de Rosow et Breslau), sont tous liés significativement en analyse univariée avec le niveau d'études : les sujets à bas niveau d'études ont un risque de dépendance plus élevé. Lorsqu'on ajuste sur l'ensemble des caractéristiques physiques et mentales du sujet, analogues à celles utilisées ici, la liaison n'est plus significative [20]. Soulignons que dans l'étude précédente, qui portait sur des données de la visite ini-

tiale, le seuil utilisé pour définir un 'bas niveau d'études (absence de scolarité ou études primaires) n'était pas le même car il ne tenait pas compte de l'acquisition du Certificat d'Etudes Primaires. Par ailleurs, Berr *et al.* ont montré que le risque de mortalité était plus élevé chez les sujets à bas niveau d'études [22], ce qui expliquerait en partie un taux plus faible de bas niveau d'études chez les sujets dépendants survivants.

Ces résultats ne peuvent toutefois pas être généralisés à l'ensemble de la population âgée française. En effet, la population étudiée n'est pas réellement représentative des potentiels bénéficiaires de la PSD ; d'une part il s'agit de sujets vivant dans le département de la Gironde uniquement, d'autre part la proportion de sujets vivant en institution est sous-estimée (6,5 %), et enfin les sujets sont âgés ici de 73 ans et plus alors que la prestation est attribuée à partir de 60 ans. Sur le second point, on peut apporter une correction à l'estimation du nombre de sujets dépendants à l'aide de l'échantillon Pavin qui est une cohorte de 357 sujets âgés de 65 ans et plus, vivant initialement en institution et suivis depuis 1990 [23]. Si on applique la même proportion de sujets de 73 ans et plus vivant en institution dans l'échantillon Pavin, à l'échantillon Paquid-Gironde qui est notre population d'étude, on estime à 9,4 % la proportion de sujets de 73 ans et plus vivant en institution, donc un pourcentage global de sujets appartenant aux GIR 1 à 3 non pas de 6,1 % mais plutôt de 7,6 %. Concernant l'absence de sujets âgés de moins de 73 ans dans notre échantillon, on peut considérer que la proportion de sujets dépendants dans cette classe d'âge est relativement faible et qu'elle ne devrait pas modifier les résultats précédents.

Par ailleurs on ne peut négliger l'impact des données manquantes sur les résultats obtenus dans ce travail. Sur les 1 119 sujets vus au suivis 8 ans, 67 ont au moins une donnée manquante aux variables utilisées dans l'analyse. Vingt sujets ont un MMS indéterminé et parmi eux 4 sont classés GIR1-2-3 ; toutefois aucun diagnostic de démence n'a été porté parmi eux, les valeurs manquantes au MMS ne conduisent donc pas à une sous-estimation de la prise en charge des sujets déments. Les autres valeurs manquantes portent principalement sur l'évaluation de la dyspnée ($n = 36$) et plus secondairement sur les questions de déficit

visuel ($n = 6$) ou auditif ($n = 4$). Si l'on compare le groupe des répondants à l'ensemble des items ($n = 1052$) à celui des non-répondants partiels puisque seuls les facteurs d'ajustement sont manquants ($n = 67$), on constate qu'ils diffèrent sur l'âge moyen (respectivement : 80,5 ans contre 85,1 ans, $p < 0,001$), le sexe (respectivement 60,3 % de femmes contre 77,6 %, $p < 0,005$) et leur niveau d'études (respectivement 75,3 % de Certificats d'Etudes Primaires ou plus contre 53,7 %, $p < 0,001$). Par ailleurs, il n'est pas surprenant de retrouver 16 sujets classés déments parmi les 67 sujets non répondants partiels, compte tenu de la difficulté de réponse aux questions d'auto évaluation de la santé physique. Parmi ces 16 sujets déments non répondants partiels, 12 seraient d'éventuels bénéficiaires de la PSD, 2 sujets n'ont pas pu être évalués par la grille AGGIR. Si l'on tient compte de ces sujets dans le *tableau III* qui croise seulement la dépendance avec le diagnostic de démence, on obtient alors une proportion de 56,3 % de sujets déments susceptibles de bénéficier de la PSD au lieu de 50,7 %. Enfin, l'inclusion de ces mêmes sujets dans le *tableau V*, plus particulièrement dans les modèles multivariés 3 et 4 en supprimant l'ajustement sur les variables de santé physique, conduit à des résultats comparables.

En outre, on peut discuter des conditions d'évaluation de la dépendance par la grille AGGIR dans la population Paquid, puisqu'intégrée au questionnaire de suivi 8 ans, elle a été complétée avec les psychologues du projet. Or le décret d'application prévoit que l'évaluation de la dépendance par la grille AGGIR soit effectuée par une équipe médico-sociale. Cet élément ne devrait toutefois pas constituer un biais de mesure important, les psychologues ayant préalablement reçu une formation spécifique pour cette évaluation, et d'autre part parce qu'il n'est pas sûr qu'en pratique l'équipe médico-sociale soit toujours constituée de plusieurs compétences.

On peut enfin s'interroger sur l'indépendance des deux mesures, grille AGGIR et MMS. Le recueil des données a été réalisé au même moment par la même personne. Ce biais potentiel devrait également être mineur dans la mesure où les questions de la grille AGGIR, qui font intervenir un jugement de l'évaluateur, ont précédé le MMS.

En conclusion, cette étude confirme la relation entre les performances cognitives et la dépendance évaluée ici par la grille AGGIR, mais il semble toutefois que cette échelle manque de sensibilité pour appréhender les déficits cognitifs sévères et en particulier la démence. On peut supposer que la prise en compte, dans l'algorithme de classification en bénéficiaires ou non de la PSD, de variables évaluant les activités instrumentales de la vie courante, qui figurent par ailleurs parmi les variables illustratives du modèle, pourrait améliorer la sensibilité de l'échelle pour ces sujets.

REMERCIEMENTS : Cette recherche a été financée par la Fondation de France (Fondation Pierre Louis), les laboratoires Sanofi, la société Danone, le groupe Axa Assurances, le Conseil Général de la Dordogne, le Ministère de la Recherche et de la Technologie, la Caisse Nationale d'Assurance Maladie, la Caisse Primaire d'Assurance Maladie de Dordogne, la Mutualité Sociale Agricole de Gironde et Dordogne, le Conseil Régional d'Aquitaine, 2010 Média, Capimtec et la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales.

RÉFÉRENCES

1. Syndicat National de Gériatrie Clinique. AGGIR, guide pratique pour la codification des variables, principaux profils des groupes iso-ressources. *La revue de gériatrie* 1994 ; 19 : 249-59.
2. République française. Décret d'application n° 97-426 du 28 avril 1997 relatif aux conditions et aux modalités d'attribution de la prestation spécifique dépendance instituée par la loi n° 97-60 du 24 janvier 1997. *JO* 1997 ; 30 avril : 6 529-6 546.
3. Prevost P, Vincke B, Vuillemin C. À propos de 15 000 personnes âgées en établissements et à domicile évaluées par le modèle AGGIR. *Rev Geriatr* 1996 ; 21 : 179-88.
4. Observatoire Régional de la Santé des pays de la Loire. Évaluation de la perte d'autonomie des personnes âgées de 75 ans et plus en Sarthe. 1995.
5. Barberger-Gateau P, Fabrigoule C. Disability and cognitive impairment in the elderly [review]. *Disabil Rehab* 1997 ; 19 : 175-93.
6. Sauvel C, Barberger-Gateau P, Dequae L, Letenneur L, Dartigues JF. Facteurs associés à l'évolution à un an de l'autonomie fonctionnelle des personnes âgées vivant à leur domicile. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1994 ; 42 : 13-23.
7. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini Mental State: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975 ; 12 : 189-98.

PERFORMANCES COGNITIVES ET DÉPENDANCE

17

8. Dartigues JF, Barberger-Gateau P, Gagnon M *et al.* PAQUID : étude épidémiologique du vieillissement normal et pathologique. *Rev Geriatr* 1991 ; 16 : 5-15.
9. Dartigues JF, Gagnon M, Michel P *et al.* Le programme de recherche PAQUID sur l'épidémiologie de la démence. Méthodologie et résultats initiaux. *Rev Neurol* 1991 ; 147 : 225-30.
10. Vetel JM. Le logiciel AGGIR. *Revue hospitalière de France* 1995 ; 1 : 108-13.
11. Dubuisson F, Vuillemin C. AGGIR : instrument d'évaluation de la dépendance. *Retraite et Société* 1996 ; 15 : 49-57.
12. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 3rd ed, rev. (DSM-III-R). Washington, DC: American Psychiatric Association 1987.
13. Forette F, Henry JF, Orgogozo JM *et al.* Reliability of clinical criteria for the diagnosis of dementia: A longitudinal multicentric study. *Arch Neurol* 1989; 46: 646-8.
14. Radloff S. The CES-D scale: a self-report depression scale for research in the general population. *Appl Psychol Meas* 1977; 1: 385-401.
15. Fuhrer R, Rouillon F. La Version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies - Depression Scale). Description et traduction de l'échelle d'auto-évaluation. *Psychiatr Psychobiol* 1989 ; 4 : 163-6.
16. Barberger-Gateau P, Nejari C, Tessier JF, Dartigues JF. Assessment of disability and handicap associated with dyspnea in elderly subjects. *Disabil Rehab* 1995; 17: 83-9.
17. Barberger-Gateau P, Commenges D, Gagnon M, Letenneur L, Sauvel C, Dartigues JF. Instrumental activities of daily living as a screening tool for cognitive impairment and dementia in elderly community dwellers. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40: 1129-34.
18. Katz S, Downs TD, Cash HR, Grotz RC. Progress in development of the index of ADL. *Gerontologist* 1970; 10: 20-30.
19. Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* 1969; 9: 179-86.
20. Barberger-Gateau P, Chaslerie A, Dartigues JF, Commenges D, Gagnon M, Salamon R. Health measures correlates in a French elderly community population : the PAQUID study. *J Gerontol: Social Sciences* 1992; 47: S88-95.
21. Mortimer JA, Graves A. Education and other socio-economic determinants of dementia and Alzheimer's disease. *Neurology* 1993; 43 (suppl 4): S39-S44.
22. Berr C, Dartigues JF, Alperovitch A. Cognitive performance and three-year mortality in the PAQUID elderly study. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1994; 42: 277-84.
23. Dartigues JF, Gagnon M, Barberger-Gateau P *et al.* The PAQUID epidemiological program on brain aging. *Neuroepidemiology* 1992; 11: 14-8.

[A14]

Gerontology

Clinical Section

Gerontology 2001;47:198-206

Received: July 18, 2000
Accepted: November 16, 2000

Plasma Insulin-Like Growth Factor I Levels in the Elderly: Relation to Plasma Dehydroepiandrosterone Sulfate Levels, Nutritional Status, Health and Mortality

Agathe Raynaud-Simon^{a,b} Sylviane Lafont^c Claudine Berr^d
Jean-François Dartigues^c Emile-Etienne Baulieu^e Yves Le Bouc^b

^aUnité de Médecine Nutritionnelle Gériatrique, Hôpital Charles-Foix AP-HP, Ivry-sur-Seine, ^bLaboratoire d'Explorations Fonctionnelles Endocriniennes, Hôpital Trousseau, et Hôpital Saint-Antoine, Paris, ^cINSERM U 330, Epidémiologie, Santé Publique et Développement, Université Bordeaux II, Bordeaux, ^dINSERM U 360, Recherches Epidémiologiques en Neurologie et Psychopathologie, Hôpital de la Salpêtrière, Paris, et ^eINSERM U 488, Stéroïdes et Système Nerveux, Hôpital de Bicêtre, Le Kremlin-Bicêtre, France

Key Words

Insulin-like growth factor I, aging ·
Dehydroepiandrosterone sulfate · Nutrition · Mortality ·
Cognition · Depression · Functional disability

Abstract

Background: Insulin-like growth factor I (IGF-I) has beneficial metabolic effects. Because plasma IGF-I levels have been reported to be enhanced by dehydroepiandrosterone (DHEA) administration, it has been suggested that the IGF-I may be implicated in some of the reported associations between low DHEA sulfate (DHEAS) levels and impaired health measures in elderly subjects. The nutritional status, which also regulates plasma IGF-I levels, is also an important determinant of health outcome. **Objective:** We sought to investigate the associations between plasma IGF-I levels and plasma DHEAS levels, nutritional status, health, and mortality in the elderly. **Methods:** In 256 community-dwelling subjects aged 65–101 years, enrolled in the Paquid study, a health questionnaire was used to ascertain their functional disabilities, any history of medical disorders, self-perceived health, depressive symptoms, and their cognitive function. Biological measurements included levels of plasma IGF-I, albumin, transthyretin, and DHEAS. Mortality data were available

for 6 years following blood sampling. **Results:** In this elderly population with no impairment in nutritional status, the plasma IGF-I levels decreased significantly with age ($p = 0.02$). The plasma IGF-I levels correlated positively with those of transthyretin ($p = 0.0001$). IGF-I also correlated with DHEAS ($p = 0.04$), but the correlation did not remain significant after adjustment for age. As opposed to SDHEA, the plasma IGF-I levels did not correlate with the results from the health questionnaire. The baseline IGF-I values in the highest tertile were associated with a higher risk of short-term mortality than those in the lowest tertile (RR = 8.4 at 2 years, $p = 0.007$). **Conclusions:** Our results suggest that IGF-I is not connected with the association between low plasma DHEAS levels and the impaired results from the health questionnaire. The relationship between plasma IGF-I highest levels and mortality should be further explored.

Copyright © 2001 S. Karger AG, Basel

Introduction

The insulin-like growth factor I (IGF-I) exerts growth and metabolic actions. The IGF-I plasma concentrations are regulated by growth hormone (GH). The decline in plasma IGF-I levels with age [1] contributes to sarcopenia

KARGER

Fax +41 61 306 12 34
E-Mail karger@karger.ch
www.karger.com

© 2001 S. Karger AG, Basel
0304-3243/01/474-0198\$17.50/0

Accessible online at:
www.karger.com/journals/ger

Agathe Raynaud-Simon
Unité de Médecine Nutritionnelle Gériatrique
Hôpital Charles-Foix AP-HP
F-94205 Ivry-sur-Seine (France)
Tel. +33 149 59 45 04, Fax +33 149 59 45 24

[A15]

Prospective measurements of dehydroepiandrosterone sulfate in a cohort of elderly subjects: Relationship to gender, subjective health, smoking habits, and 10-year mortality

Lise Mazat^{1*}, Sylviane Lafont², Claudine Berr³, Brigitte Debuire³, Jean-François Tessier⁴, Jean-François Dartigues⁵, and Etienne-Ernie Baulieu¹

¹Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale U330, Épidémiologie, Santé Publique et Développement, Université de Bordeaux II, 146, Rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux Cedex, France; ²Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale U360, Recherches Épidémiologiques en Neurologie et Psychopathologie, Hôpital de la Salpêtrière, 75651 Paris Cedex 13, France; ³Service de Bichimie, Hôpital Paul Broca, 94808 Villejuif Cedex, France; and ⁴Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale U488, Stéroïdes et Système Nerveux, Hôpital de Bicêtre, 94276 Le Kremlin-Bicêtre Cedex, France

Contributed by Etienne-Ernie Baulieu, April 10, 2001

The decrease with age of the adrenal-secreted dehydroepiandrosterone sulfate (DHEAS) in serum has suggested that it may be causally related to longevity. For the PAQUID (People (Personnes) Aged (Agedes) About What (Quid, in Latin)) cohort of elderly subjects, we have previously reported higher DHEAS in men than in women, a decrease with age and, among men, a negative correlation between the DHEAS level and mortality at 2 and 4 years. Here, with an 8-year followup in 290 subjects, we show a global decrease of 2.3% per year for men and 3.9% per year for women. However, in approximately 30% of cases, there was an increase of DHEAS. We observed no relationship between the evolution of DHEAS level and functional, psychological, and mental status, possibly because of selection by death. In women, no association was found between mortality and DHEAS level. In men, the relative risk (RR) of death was higher for the lowest levels of DHEAS (RR = 1.9, $P = 0.007$), with RR = 6.5, $P = 0.003$ for those under 70 years old, a result indicating heterogeneity of the population. There was an effect of subjective health on mortality that disappeared after adjustment of DHEAS levels, suggesting its relation with these DHEAS levels. Death RR was much higher in smokers with a low DHEAS level than in nonsmokers with high DHEAS (RR = 6.7, $P = 0.001$). We submit that the involvement of DHEAS is possibly different according to gender, that association between low DHEAS level and mortality only for men under 70 years old possibly reflects heterogeneity of the population, and that DHEAS level is a reliable predictor of death in male smokers.

In human beings, dehydroepiandrosterone (DHEA) and its sulfate (DHEAS) are secreted adrenal steroids whose role is still poorly understood. Except in the nervous system, no receptor for these steroids has been described, and they likely operate in part by a transformation into androgens and estrogens (1–5) and probably also directly as neuroactive steroids (6). Furthermore, DHEAS concentration declines with age (7, 8) and remains 10–20% higher in men than in women (9), despite an important interindividual range.

The decline of DHEAS concentrations with aging has led to the suggestion that DHEAS could play a role in itself and be implicated in longevity. Thus, DHEAS has been studied with controversial results in several processes that occur during aging (10, 11). In particular with reference to the mortality issue studied in this paper, we note that DHEAS has been inversely related to cardiovascular diseases in men (12–16), but this relation was not found in women (17).

To clarify the role of DHEAS, our strategy within the PAQUID¹ program (a prospective cohort study of elderly subjects from the southwest of France) was to relate DHEAS level with several health parameters and mortality. Among the 3,777 elderly subjects of this cohort, 622 volunteers agreed to have blood sampling after 1 year of followup. The measurement of

DHEAS concentrations at this time allowed us to confirm the already known decrease of DHEAS level with age and the difference according to sex with a higher DHEAS level in men. Significantly lower values of DHEAS were recorded in women in cases of functional limitation, confinement, dyspnea, depressive symptomatology, and frequent use of medications. No relation was found with cases of incident dementia in the following 4 years. In men, but not in women, lower DHEAS concentrations were significantly associated with an increased short-term mortality at 2 and 4 years after DHEAS measurement (18). Among these 622 subjects, 346 had a second measurement of DHEAS level 7 years after the first.

Intraindividual changes of DHEAS level over adulthood are insufficiently documented in longitudinal studies (8, 19–24). The knowledge of intraindividual evolution of DHEAS level would be of importance to determine the possible pathological role of DHEAS. Here the evolution of the DHEAS level over 7 years is described in a relatively large population of old men and women. We also studied the relation between changes in DHEAS level and several health parameters. Finally, we examined mortality at 10 years of followup as a function of DHEAS level.

Materials and Methods

Samples. The PAQUID study is a prospective cohort of elderly subjects living in the southwest of France. This study began in 1988 and included 3,777 subjects (2,792 subjects in the Gironde area, 985 in the Dordogne area). To participate in this study, subjects had to be over 65 years old on December 31, 1987, living at home, and on the local electoral list.

All participants had a standardized interview that included sociodemographic items, several health parameters, and current medications. Furthermore, a course of psychometric tests was undertaken. Subjects were re-evaluated 1, 3, 5, 8, and 10 years after the baseline visit, following the same method.

Among the 2,792 subjects from the Gironde, 622 volunteers agreed to have blood sampling at a 1-year followup. At an 8-year followup, 346 of them (56%) accepted a new blood sampling, and the others subjects refused (124 subjects, 20%) or were dead (152

Abbreviations: RR, relative risk; DHEA, dehydroepiandrosterone; DHEAS, DHEA sulfate; MMSE, Mini Mental State Examination; ADL, Activities of Daily Living; IADL, Instrumental Activities of Daily Living; n, mean.

*To whom reprint requests should be addressed. E-mail: Lise.Mazat@isped.u-bordeaux2.fr
PAQUID: *Peuples Agedes Quid*, i.e., *People (Personnes) Aged (Agedes) About What (Quid, in Latin)*.

The publication costs of this article were defrayed in part by page charge payment. This article must therefore be hereby marked "advertisement" in accordance with 18 U.S.C. §1734 solely to indicate this fact.

[A17]

Aging Neuropsychology and Cognition
2001, Vol. 8, No. 2, pp. 98–1081382-5585/01/0802-098\$16.00
© Swets & Zeitlinger

Letter and Category Fluency in Normal Elderly Participants: a Population-Based Study

Sophie Auriacombe¹, Colette Fabrigoule², Sylviane Lafont², Hélène Amieva²,
Hélène Jacqmin-Gadda², Jean-François Dartigues^{1,2}¹D epartement de Neurologie Hôpital Pellegrin, Bordeaux France and²INSERM U 330 Université de Bordeaux II, Bordeaux, France

ABSTRACT

We studied variables influencing category and letter fluency in a large population-based sample of elderly participants. Letter and category fluency tasks were administered to 1133 unselected non-demented elderly participants in the Paquid cohort on normal and pathological aging. Age, education, principal lifetime occupation and depressive symptomatology independently influenced both category and letter fluency, while gender influenced only category fluency. A conceptualization measure (similarities) was found to influence fluency results mostly through education and prior occupation.

Verbal fluency tests in which participant is asked to name within a limited amount of time as many words as possible according to semantic (e.g. animals) or phonological criteria (e.g. words beginning with the letter "T") (Lezak, 1995) are commonly used in neuropsychology. Verbal fluency is a multifactorial task, both for cognitive processes underlying performance and the brain regions involved, as argued by Troyer (Troyer, Moscovitch & Winocur, 1997). Verbal fluency involves sustained attention and effortful retrieval, which are currently attributed in cognitive models to the central executive of the working memory and are thought to involve the frontal lobes (Baddeley & Della Sala, 1996). This executive system may be broadly described as being involved in effortful cognitive tasks, specifically those that require self-generated strategies. Regarding verbal fluency tasks, this system allows an on-line monitoring to avoid repetitions of words already produced and intrusions of automatically activated but non-pertinent words. Ver-

bal fluency also requires intact semantic memory, since the subject has to search through the lexicon for well-defined semantic categories stored in temporal lobe regions. Letter fluency is generally more difficult than category fluency since initial-letter lexical stores are broader and less well defined than semantic categories (Ober, Dronkers, Koss, Delis, & Friedland, 1986).

There are now a number of reports on verbal fluency in normal subjects. It appears that several factors influence verbal fluency, particularly age and education. Age negatively influences category fluency in most studies (Borod, Goodglass, & Kaplan, 1980; Cardebat, Doyon, Puel, Goulet, & Joannette, 1990; Parkin, Walter, & Humkin, 1995; Tomer & Levin, 1993; Whelihan & Leshner, 1985), including studies on large populations (Crossley, D'Arcy, & Rawson, 1997; Wiederholt et al., 1993). By contrast, letter fluency is thought to be preserved with aging by many authors (Bolla, Lindgren, Bonaccorsy, & Bleecker, 1990; Boone, Miller, Lesser, Hill, & D'Elia, 1990;

Address correspondence to: Dr Sophie Auriacombe, Département de Neurologie Hôpital Pellegrin Tripode 4 eme  tage, Place Am elie Raba Léon 33076 BORDEAUX cedex FRANCE. E-mail: sophie.auriacombe@u-bordeaux2.fr
Accepted for publication: November 1, 2000.

[A18]

Clinical Nutrition (2002) 21(1): 45–50
© 2002, Elsevier Science Ltd. All rights reserved.
doi:10.1054/cnu.2002.0534, available online at <http://www.idealibrary.com on IDEAL®>

ORIGINAL ARTICLE

Orosomucoïd: a mortality risk factor in elderly people living in the community?

A. RAYNAUD-SIMON,* S. LAFONT,[†] C. BERR,[§] J. F. DARTIGUES,[‡] Y. LE BOUC[†]

*Unité de Nutrition Gériatrique, Hôpital Charles Foix AP-HP, Ivry sur Seine, France, [†]Explorations Fonctionnelles Endocriniennes Hôpital Trousseau, AP-HP, and INSERM U 515, Hôpital Saint-Antoine, Paris, France, [‡]INSERM U 360, Recherches Epidémiologiques en Neurologie et Psychopathologie, Hôpital de la Salpêtrière, Paris, F-75013, France, [§]INSERM U 330, Epidémiologie, Santé Publique et Développement, Université Bordeaux II, F-33000, France (Correspondence to: ARS, Unité de Nutrition Gériatrique, Hôpital Charles Foix, 7 avenue de la République, F-94205, Ivry sur Seine, France)

Abstract *Aim:* We explored the value of variables relating to inflammation and nutrition as a prognostic factors for mortality in an elderly community-dwelling population. *Methods:* We measured plasma levels of orosomucoïd, C-reactive protein (CRP), albumin, and transthyretin, and the body mass index (BMI) of 245 subjects aged 65 to 95 living in the community (PAQUID study). The risk of death was analyzed two, four and six years after blood sampling by use of the Cox proportional hazards model with delayed entry. A survival curve was generated by the Kaplan–Meier method. *Results:* Multivariate analysis—including sex, BMI, and plasma levels of albumin, transthyretin orosomucoïd and CRP levels—showed that orosomucoïd in the highest quartile (>0.88 g/L) was the strongest predictor of mortality two years after blood sampling [relative risk (RR) = 7.4; 95% interval confidence (IC) 2.2–24.6; $P < 0.1$]; the association remained significant four and six years after blood sampling [RR = 2.5; 95%IC 1.2–5.2 and RR = 1.9; 95%IC 1.0–3.4 respectively, $P < 0.05$]. Orosomucoïd levels above 1 g/L (the most accurate threshold for prediction of mortality) were associated with a strong increase in the risk of death two years [RR = 12.3; 95%IC 4.3–35.0; $P < 0.001$], four years [RR = 6.9; 95%IC 3.3–14.7; $P < 0.001$], and six years [RR = 4.4; 95%IC 2.3–8.5; $P < 0.001$] after blood sampling. *Conclusion:* These results further underline the association between systemic inflammation and mortality. They may help us to identify of high-risk subpopulations of elderly subjects so we can employ prevention strategies. © 2002, Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Key words: Orosomucoïd; C-reactive protein; albumin; transthyretin; elderly; mortality

Introduction

Previous studies have consistently reported an association between mortality and nutritional status (1,2), as assessed by body mass index (BMI) (3), plasma levels of albumin (4–7), food intake (8) or nutrition questionnaires (9). Recent data have also focused on the prognostic value of markers for inflammation with regard to mortality and disability in elderly subjects living in the community (10–13). However, in elderly subjects living in the community, few studies have considered both nutrition and inflammation with regard to mortality.

Inflammation is a biological response of the immune system to a variety of physical, chemical or microbial aggressions. As a result of tissue damage, activated macrophages produce proinflammatory cytokines, mainly interleukin 1 beta (IL 1 β), tumor necrosis factor alpha (TNF α), and interleukin-6 (IL6), which induce the inflammatory response (14). These cytokines induce the synthesis of the hepatic acute phase proteins, including C-reactive protein (CRP) and orosomucoïd. They

inhibit the synthesis of albumin and transthyretin, which are negative acute phase response proteins, but are also used as markers of nutritional status. Thus, the prognostic value of low albumin levels may reflect both the prognostic value of malnutrition and inflammation.

In subjects living in the community, IL6 plasma levels increase with age (10,15,16). It is not known whether this association reflects the dysregulation of the immune system in aging or the development of age-related diseases. IL6 plasma levels are associated with impaired mobility and functional disability (10,13) and both IL6 and CRP levels are associated with mortality (12).

Although sensitive and reliable IL6 assays are becoming available, IL6 plasma levels are not routinely measured. In contrast, CRP and orosomucoïd plasma levels can be routinely measured. Orosomucoïd is an acute phase protein of particular interest because, unlike CRP, measurement of plasma levels within the normal range are routinely done and is not confronted with the problem of lower limits. We are only aware of one prospective study concerning the prognostic value of orosomucoïd concentrations in elderly subjects living in the community. This study reported that orosomucoïd levels in the upper tertile are associated with a higher vascular and non-vascular risk of mortality, but only in women (11).

[A19]



Pergamon

Archives of Clinical Neuropsychology
17 (2002) 513–530Archives
of
CLINICAL
NEUROPSYCHOLOGY

Executive function deficits in patients with dementia of the Alzheimer's type A study with a Tower of London task

Constant Rainville^{a,b,*}, Hélène Amieva^b, Sylviane Lafont^b,
Jean-François Dartigues^{b,c}, Jean-Marc Orgogozo^{b,c}, Colette Fabrigoule^b

^aCentre de Recherche, Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal, 4565 chemin de la Reine-Marie,
Montreal, Canada H3W 1W5

^bUnit  Inserm U. 330, Université de Bordeaux II, Bordeaux, France

^cService de Neurologie, Hôpital Pellegrin, Bordeaux, France

Accepted 20 April 2001

Abstract

A growing number of studies report a deterioration of the executive function (EF) in dementia of the Alzheimer type (DAT). To evaluate EFs in DAT, a new version of the Tower of London (TOL) task, originally developed by Shallice (1982), was adapted. The new version of the test was built up in its easiest possible feature in order to be administrable to early- or middle-stage demented patients. Seventeen DAT patients, and 17 controls matched for age and sex, were administered the TOL. The protocol followed a "hierarchical paradigm," that is, simpler problems were embedded in more complex, subsequent problems. Results showed that DAT patients were impaired compared to controls. Both control and DAT groups showed a decrease in percentage of success rate in relation to the number of movements required by the task. On the more complex problems, the performance of DAT subjects was proportionally more impaired. Qualitative analysis revealed that rule breaking was a salient performance feature of the DAT group. These findings are consistent with the presence of an EF deficit in DAT.

  2002 National Academy of Neuropsychology. Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Executive function; Dementia of the Alzheimer's type; Tower of London task

* Corresponding author. Tel.: +1-514-340-3440, ext. 4767; fax: +1-514-340-3530.
E-mail address: rainville@magellan.umontreal.ca (C. Rainville).

[A20]



Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology
2002, Vol. 24, No. 4, pp. 503–516

1380-3395/02/2404-503\$16.00
© Swets & Zeitlinger

Inhibitory Breakdown and Dementia of the Alzheimer Type: A General Phenomenon?

Hélène Amieva¹, Sylviane Lafont¹, Sophie Auriacombe², Nicolas Le Carret¹, Jean-François Dartigues^{1,2}, Jean-Marc Orgogozo², and Colette Fabrigoule¹

¹INSERM U330, University of Bordeaux II, Bordeaux, France, and ²Department of Neurology, Hôpital Pellegrin, Bordeaux, France

ABSTRACT

Several recent studies have provided substantial support for the proposal that a decrease in inhibitory processing may play an important role in cognitive changes occurring in the early stages of Dementia of the Alzheimer Type (DAT). The question addressed by the present study was whether these deficits are the result of the failure of a general inhibitory mechanism, or whether DAT is associated with selective decreases in a subset of inhibitory processes. For this, a computerized battery of tasks assessing several inhibitory mechanisms was administered to 28 mild DAT patients and 28 matched elderly adults. The results showed that DAT patients failed to produce Negative Priming effects and were severely impaired in the Stroop task. However, no evidence was found for an impairment on the Go–No go task and only limited impairment on the Stop Signal task, suggesting that in the early stages of the disease, not all inhibitory mechanisms are uniformly impaired.

INTRODUCTION

Inhibition and DAT

One of the current views in the neuropsychological literature is that cognitive impairment occurring in later life is related to a generalized decline in inhibitory functioning. Much of the support for such a view comes from Hasher and Zack's model (1988) which postulates that age-related processing deficits in a variety of cognitive tasks could be accounted for by a decrease in the efficiency of inhibitory processes. According to this model, inefficient inhibitory mechanisms could entail ineffective selective attention, which could cause the entrance of task irrelevant information into working memory. This specific cognitive impairment could explain both the increased processing time and reductions in recognition and recall abilities observed in normal elderly people. Even if widely criticized (e.g., McDowd,

1997), the inhibitory deficit theory clearly remains one of the models having generated the greatest number of potential experiments in cognitive aging research during recent years (Burke, 1997).

Because patients suffering from Dementia of the Alzheimer Type (DAT) exhibit large impairments in selective attention abilities (Foldi, Jutagir, Davidoff, & Gould, 1992; Mohr, Cox, Williams, Chase, & Fedio, 1990; Nebes & Brady, 1989; Parasuraman & Haxby, 1993; Simone & Baylis, 1997a, 1997b; Stuart-Hamilton, Rabbitt, & Huddy, 1988), some authors have been interested in assessing more specifically the underlying mechanisms possibly responsible for such an attentional impairment. The hypothesis of an inhibitory breakdown in DAT such as that of Hasher and Zack's (1988) related to normal aging was therefore proposed by authors such as Sullivan, Faust and Balota (1995), Simone and

Address correspondence to: Hélène Amieva, Ph.D., INSERM U330, Université Victor Segalen Bordeaux 2, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux Cedex, France. E-mail: Helene.Amieva@isped.u-bordeaux2.fr
Accepted for publication: August 23, 2001.

[A21]

DEVELOPMENTAL NEUROPSYCHOLOGY, 23(3), 317–337
Copyright © 2003, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

The Effect of Education on Cognitive Performances and Its Implication for the Constitution of the Cognitive Reserve

Nicolas Le Carret

INSERM U.330

Université Victor Ségalen Bordeaux, France

Sylviane Lafont

INRETS, Université Claude Bernard–Lyon, France

Luc Letenneur and Jean-François Dartigues

INSERM U.330

Université Victor Ségalen Bordeaux, France

Willy Mayo

INSERM U.259

Université Victor Ségalen Bordeaux, France

Colette Fabrigoule

INSERM U.330

Université Victor Ségalen Bordeaux, France

Some studies have suggested that people with a high educational level have a lower risk of developing dementia compared to people with a low educational level. This protective effect of education has been explained by the constitution of a *cognitive reserve* which might delay the cognitive and functional expression of neurodegenerative illnesses. The aim of this study is, on the one hand, to evaluate the impact of education on cognitive functioning, which is thought to support the cognitive reserve

Requests for reprints should be sent to Nicolas Le Carret, INSERM U.330, Université Victor Ségalen, 146, Rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux cedex, France. E-mail: nicolas.le.carret@isped.u-bordeaux2.fr

[A22]

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Brain and Cognition 53 (2005) 408–411

Brain
and
Cognitionwww.elsevier.com/locate/b&c

Influence of education on the benton visual retention test performance as mediated by a strategic search component

Nicolas Le Carret,^a Constant Rainville,^b Nathalie Lechevallier,^a Sylviane Lafont,^c
Luc Letenneur,^a and Colette Fabrigoule^a

^a INSERM U.330, Université Victor Ségalen, Bordeaux, France

^b Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal, Québec, Canada

^c INRETS, Université Claude Bernard, Lyon, France

Accepted 7 May 2003

Abstract

Age-related cognitive decline has been reported by several studies. However, little investigations have dealt with the effect of education on this decline. In the present study, we examined the influence of educational level on visual working memory, evaluated by the Benton Visual Retention Test (BVRT in recognition format) in 829 elderly participants of the PAQUID study. A multivariate linear model suggested that the effect of education on BVRT performance was not mediated by visual discrimination abilities suggesting that it was mainly supported by better executive abilities. Moreover, the analysis of success and error location suggested that subjects with higher educational level use a more exhaustive exploration strategy during the recognition phase than subjects with lower educational level, which permit them to better perform. The ability of high educational level subjects to use more efficient strategies may participate to the 'cognitive reserve' capacity.

© 2003 Published by Elsevier Inc.

1. Introduction

Previous investigations have shown that aging alters cognitive performances (Christensen, Henderson, Griffiths, & Levings, 1997; Stankov, 1988). Some results have suggested that age-related changes in cognition may be the result of slowed information processing speed (Salthouse, 1976) associated to a selective disruption of executive functions (O'Sullivan et al., 2001). However, this age-associated decline seems to be lessened in subjects with a high educational level, education being a factor promoting the maintenance of cognitive efficiency (Snowdon et al., 1996). In a previous analysis of the PAQUID study, we have shown that education had a global impact on neuropsychological test performances of elderly people (Le Carret et al., submitted) and that this impact seemed to be mediated by specific enhancement of two cognitive components: the conceptualization abilities and the controlled executive processes. In the PAQUID study, the Benton Visual Retention Test

(BVRT in recognition) was strongly influenced by education. In other studies, the recognition format is rarely used but Shichita, Shuichi, Ohashi, and Matuzaki (1986) using the BVRT copy format, also showed that education was a significant predictor of age-associated change in BVRT performance. To explain the educational influence on the recognition format, it is important to consider the two major cognitive components involved in the test. It implicates visuo-spatial discrimination abilities and executive aspect of working memory because it is necessary to compare the four recognition figures with the figure stored in working memory. The aim of this study is to understand if the effect of educational level is mediated by an increase of executive abilities or by an increase of visual discrimination abilities. In this purpose, we analyzed at the third follow-up of the community-based PAQUID study, the performances on BVRT and on a visual discrimination test in relation with age and educational level in elderly people, using quantitative and qualitative approaches.

[A28]



Archives of Clinical Neuropsychology
19 (2004) 791–803

Archives
of
CLINICAL
NEUROPSYCHOLOGY

Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer's disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop test

Hélène Amieva^{a,*}, Sylviane Lafont^a, Isabelle Rouch-Leroyer^{a,b},
Constant Rainville^c, Jean-François Dartigues^{a,b},
Jean-Marc Orgogozo^{a,b}, Colette Fabrigoule^a

^aINSERM U593, University of Bordeaux II, France

^bDepartment of Neurology, Hôpital Pellegrin, Bordeaux, France

^cInstitut Universitaire de Gériatrie, Montreal, Canada

Accepted 30 September 2003

Abstract

To investigate the contribution of inhibitory deficits in the deterioration of executive function abilities in Alzheimer's disease (AD), a modified version of the Stroop test was submitted to 44 AD patients and 44 elderly controls. Half of the subjects performed successively the Interference Stroop task, the two control tasks and the Reverse Stroop task, and half performed the Reverse Stroop task, the control tasks and finally the Interference Stroop task. This experimental design allowed to assess inhibitory deficits by measuring classical interference effects but also by measuring the ability to shift between tasks instructions. Results confirmed AD patients' difficulty in suppressing the automatic response of reading in the Interference Stroop task. Moreover, AD patients presented worsened performances in the Interference task when administered after the Reverse task, and a Reverse Stroop effect was found in the patients revealing their difficulty in suppressing a previously relevant rule in order to learn a new one. © 2003 National Academy of Neuropsychology. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Executive function abilities; Inhibitory processes; Shifting abilities; Alzheimer's disease

* Corresponding author. Present address: INSERM U593, Université Victor Segalen Bordeaux 2, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux Cedex, France.

E-mail address: Helene.Amieva@isped.u-bordeaux2.fr (H. Amieva).

[A29]

© MASSON

Rev Neurol (Paris) 2004 ; 160 : 11, 1059-1070 1059



Mémoire

Normes pour le MMSE, le test de rétention visuelle de Benton, le set test d'Isaacs, le sous-test des codes de la WAIS et le test de barrage de Zazzo chez des sujets âgés de 70 ans et plus : données de la cohorte PAQUID

N. Lechevallier-Michel¹, C. Fabrigoule², S. Lafont³, L. Letenneur², J.-F. Dartigues²

¹ Département de Pharmacologie, EA 3676 « Médicaments, Produits et Systèmes de Santé », Université Victor Segalen Bordeaux 2, Bordeaux.

² INSERM — Unité 593, Université Victor Segalen Bordeaux 2, Bordeaux.

³ Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon.

Reçu le : 06/02/2004 ; Reçu en dernière révision le : 09/08/2004 ; Accepté le : 14/08/2004.

RÉSUMÉ

Introduction. L'objectif de cette analyse était d'établir des normes pour le Mini-Mental State Examination, le test de rétention visuelle de Benton en reconnaissance, le set test d'Isaacs, le sous-test des codes de la WAIS et le test de barrage de Zazzo (barrage simple, version en 8 lignes) dans une population de sujets âgés. **Matériel et méthode.** Ces normes ont été établies à partir d'un échantillon de 1 780 sujets normaux, âgés de 70 ans et plus, vus au suivi à cinq ans de la cohorte PAQUID. Seuls les sujets ne présentant pas de caractéristiques pouvant influencer leurs performances aux tests (notamment une démence) ont été considérés dans cette analyse. **Résultats.** Les indicateurs présentés sont la médiane, le dixième percentile, le premier et le troisième quartile. Ils sont donnés en fonction de l'âge, du sexe et du niveau d'études. **Conclusions.** Dans un contexte clinique, ces normes permettent de situer les performances d'un sujet par rapport à la distribution observée dans un échantillon représentatif de sujets du même sexe, du même âge et du même niveau d'études.

Mots-clés : Normes • Tests neuropsychologiques • Sujet âgé

SUMMARY

Normative data for the MMSE, the Benton visual retention test, the Isaacs's set test, the digit symbol substitution test and the Zazzo's cancellation task in subjects over the age 70: results from the PAQUID Study.

N. Lechevallier-Michel, C. Fabrigoule, S. Lafont, L. Letenneur, J.-F. Dartigues, Rev Neurol (Paris) 2004; 160: 11, 1059-1070.

Introduction. The aim of this study was to produce norms for the Mini-Mental State Examination, the Benton visual retention test, Isaacs's set test, the digit symbol substitution test and Zazzo's cancellation task (short 8-line version), in elderly people. **Methods.** Data was collected in a representative sample of 1780 subjects aged 70 years and older, followed-up for five years after inclusion in the PAQUID study. Only individuals who did not have characteristics likely to alter their cognitive performance were considered. **Results.** Descriptive statistics (median, tenth percentile, first and third quartile) were used to define gender-, age- and education-specific norms. **Conclusions.** These norms can be used by clinicians to interpret a patient's performance on several widely used cognitive tests according to the scores obtained by individuals of the same age, gender and educational level.

Keywords: Norms • Neuropsychological tests • Aged

INTRODUCTION

En raison de la fréquence élevée des maladies neurodégénératives au cours du vieillissement, ces dernières représentent la principale raison d'évaluation des fonctions cognitives chez le sujet âgé. Il est important pour le clini-

cienn de disposer de normes permettant de situer les performances cognitives d'un sujet par rapport à celles de sujets normaux et d'apprécier ainsi si ses performances sont plutôt mauvaises ou plutôt bonnes. Ces normes doivent être établies à partir d'échantillons représentatifs de la population générale et de taille suffisante pour pouvoir tenir

Tirés à part : N. LECHEVALLIER-MICHEL, Département de Pharmacologie, EA 3676, Université Victor Segalen Bordeaux 2, 146, rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux cedex. E-mail : nathalie.lechevallier@pharmaco.u-bordeaux2.fr

N. LECHEVALLIER-MICHEL et coll.

[A45]

Article original

Rev Neuropsychol

2009 ; 1 (3) : 210-20

Trail Making Test A et B (version sans correction des erreurs) : normes en population chez des sujets âgés, issues de l'étude des trois Cités

Trail Making Test: normative data in a French elderly population from the three Cities Study

Hélène Amieva¹, Mélanie Le Goff¹,
Ralitsa Stoykova¹, Sylviane Lafont²,
Karen Ritchie³, Christophe Tzourio²,
Colette Fabrigoule⁴,
Jean-François Dartigues⁵

¹ Centre de recherche Inserm U897,
Université Victor-Segalen,
Bordeaux-II
-Helene.Amieva@sped.u-bordeaux2.fr-

² Unité mixte de recherche épidémiologique
et de surveillance Transport-Travail-
Environnement,
Institut national de recherche
sur les transports et leur sécurité,
Brest

³ Inserm, U888,
Hôpital La Colombière,
Montpellier

⁴ Inserm, U708,
Université Paris-VI,
Paris

⁵ UMR CNRS 5251,
Université Victor-Segalen
Bordeaux-II

Résumé

Le Trail Making Test constitue, aujourd'hui, l'une des épreuves clés de l'examen des fonctions exécutives en particulier chez des personnes âgées, venant en consultation pour une suspicion de troubles cognitifs. Ce test a l'avantage d'être simple et rapide de passation mais aussi de pouvoir être reproduit sans autorisation préalable. Bien que de nombreux articles rapportant des normes à ce test soient disponibles, plusieurs études ont montré la variabilité importante de ces normes en fonction du pays et de la culture, y compris après ajustement sur des variables de confusion potentielles, ce qui laisse à penser qu'un mauvais usage de ces normes du fait d'un choix non adéquat de la population de référence peut conduire à des erreurs d'interprétation. Cette étude a donc pour but d'établir des scores normatifs au Trail Making Test (version sans correction des erreurs par l'examinateur) auprès d'une population âgée française. Pour cela, nous avons utilisé les données de l'étude des trois Cités, une étude en population générale. L'échantillon analysé inclut 8 995 personnes âgées de 65 ans et plus, non institutionnalisées et non démentes. Ces normes ont été calculées en fonction de l'âge (65-69 ans, 70-74 ans, 75-79 ans, 80 ans et plus), du sexe et du niveau d'études des sujets ; elles ont pour but de servir aux cliniciens de balise permettant de situer le score d'un patient par rapport à ceux de sujets âgés normaux.

Mots clés : normes • Trail Making Test • sujets âgés

Abstract

The Trail Making Test has proven to be a useful neuropsychological tool in the assessment of elderly people consulting Memory Clinics. Its popularity may be partly attributable to the fact that it is easy and rapid to administer, and that its use does not require any copyright. Even though several norms have been previously published, some studies have clearly shown that normative data from different countries and cultures are not equivalent even after adjusting for potential confounding factors, which might lead to possible diagnostic errors. The aim of this study was therefore to produce age, sex and educational level-adjusted normative data for this test in a French elderly population. The data was collected as part of the Three-City (3C) Study, a French population-based study on ageing. The sample of subjects analysed for this study included 8 995 non-institutionalised and non-demented elderly adults aged 65 and over. Norms were calculated according to age (65-69, 70-74, 75-78, 80 and over), sex and educational level. The principal aim of this study is to provide to clinicians normative scores on the Trail Making Test assessed in a large

Correspondance :
H. Amieva

210

REVUE DE NEUROPSYCHOLOGIE
NEUROSCIENCES COGNITIVES ET CURIEUSES
© John Libbey Eurotext, 2009

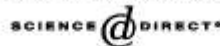
DOI: 10.1589/rev.2009.0031

2. Articles sur le vieillissement et l'insécurité routière

Le texte complet des articles de ce chapitre est présenté.

- [A23] Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, [Lafont S](#), Amieva H, Laurent B, Thomas-Antérion C, Dirson S, Fabrigoule C. Mise en place d'un outil d'évaluation des déficits d'attention en lien avec les capacités de conduite et le risque d'accident dans le vieillissement normal et pathologique : l'approche pluridisciplinaire de SÉROVIE. *Recherche Transports Sécurité*. **2003**: 177-89.
- [A24] [Lafont S](#), Laumon B. Vieillissement et gravité des atteintes lésionnelles des victimes d'accident de la circulation routière. *Recherche Transports Sécurité*. **2003**, 79: 121-33.
- [A38] [Lafont S](#), Laumon B, Helmer C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*. 2008, 21(3): 171-182.
- [A39] [Lafont S](#), Amoros E, Gadegbeku B, Chiron M, Laumon B. The impact of driver age on lost life years for other road users in France: a population based study of crash-involved road users. *Accident Analysis and Prevention*. 2008, 40: 289-294.
- [A46] [Lafont S](#), Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, Thomas-Antérion C, Laurent B, Fabrigoule C. The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best indicator of the risk of impaired driving in Alzheimer disease and normal aging. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2010, 29: 154-163.
- [A47] [Lafont S](#), Gabaude C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres : étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2005. *Le Travail Humain*. 2010, tome 73(n°1): 75-92.
- [A50] Fabrigoule C, Clément J, Coquillat A, Laumon B, [Lafont S](#). Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors. *La revue de Gériatrie*. 2012, 37: 707-718.
- [A51] [Lafont S](#), Basaglia-Pappas S, Laurent B. Prédire le risque de la conduite automobile chez le sujet âgé déficitaire : est-ce possible ? *Douleur et Analgésie*. 2013, 26 suppl1 S3-S11.
- [A52] Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, [Lafont S](#). Automobile driving in seniors: Factors affecting driving restriction in men and women. *Journal of American Geriatrics Society*. 2014, 62(11): 2071-8.
- [A53] Fabrigoule C, [Lafont S](#). Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. *La Presse Médicale*. **2015**, 44: 1034-1041.
- [A54] Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Berr C, Rouaud O, Auriacombe S, [Lafont S](#). Gender effect on driving cessation in pre-dementia and dementia: results of the 3C population-based study. *International journal of Geriatric Psychiatry*. August 23 2016: 10.
- [A55] Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, [Lafont S](#), Thomas-Antérion C, Laurent B. The role of navigation instruction at intersections for older drivers and those with early Alzheimer's disease. *Accident Analysis and Prevention*. November 2016, 96: 249-254.

[A23]

Available online at www.sciencedirect.com

Recherche Transports Sécurité 81 (2003) 177–189

www.elsevier.com/locate/rectra

Mise en place d'un outil d'évaluation des déficits attentionnels affectant les capacités de conduite au cours du vieillissement normal et pathologique

L'étude SÉROVIE

The creation of a tool for evaluating attentional deficits that affect driving skills during normal and pathological ageing

The SÉROVIE study

Claude Marin-Lamellet^{1,*}, Laurence Paire-Ficout¹, Sylviane Lafont², Hélène Amieva³, Bernard Laurent⁴, Catherine Thomas-Antérion⁴, Stéphanie Dirson⁴, Colette Fabrigoule³

¹ INRETS-LESCOT, 25 avenue François Mitterrand Case 24, 69675 Bron cedex, France

² INRETS-Université de Lyon 1, UMRETTTE, 25 avenue François Mitterrand Case 24, 69675 Bron cedex, France

³ INSERM, Unité 593 Épidémiologie, santé publique et développement, Université Victor Segalen, Bordeaux 2, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux cedex, France

⁴ Hôpital Bellevue, Unité de neurophysiologie, 27 boulevard Pasteur, 42100 Saint-Étienne, France

Reçu le 9 octobre 2002 ; accepté le 13 mars 2003

Résumé

Cet article pose, dans une première partie, le problème du lien entre les troubles attentionnels et le risque d'accident de la circulation chez les personnes présentant une pathologie démentielle et plus particulièrement débutant une maladie d'Alzheimer. Dans une seconde partie, il présente les objectifs et la méthodologie de l'étude SÉROVIE (Sécurité routière et vieillissement) dont les résultats sont en cours d'analyse. Des études de deux types sont conjointement menées, l'une de type expérimental, l'autre de type cohorte. L'étude expérimentale de type exposés/non-exposés au déficit attentionnel consiste à étudier la relation entre les déficits attentionnels et les capacités de conduite, évaluées par une épreuve de conduite sur route proposée à quatre-vingts sujets. L'étude de cohorte, réalisée sur mille cinq cents sujets, a pour but d'étudier le rôle des déficits attentionnels sur le risque d'accident par rapport aux autres facteurs. En effet, il s'agit d'identifier à partir de quel niveau de ralentissement cognitif et de déficit attentionnel les sujets présentent un risque d'accident. Cette recherche devrait déboucher sur la mise au point d'outils simples permettant de repérer les sujets qui ont atteint le niveau de détérioration des processus attentionnels au-delà duquel il serait risqué de continuer à conduire.

© 2003 INRETS. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The first part of this paper discusses the link between attentional deficit and road traffic accident risk for patients with dementia, particularly those in the early stages of dementia of the Alzheimer type. The second part presents the aims and methodology of the SÉROVIE study (Sécurité routière et vieillissement = Road safety and ageing) the results of which are in the process of being analyzed. Two studies are described. These were performed side by side and were of different types, an experimental study and a cohort study. The experimental study examined the relationship between attentional deficits and driving skills by means of a road test involving eighty exposed/non-exposed drivers. The cohort study involved one thousand five hundred subjects and set out to appraise the contribution of attentional deficits to crash risk in comparison

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : claudemarinelamellet@inrets.fr (C. Marin-Lamellet).

with other factors. The aim was to determine the point at which cognitive slowdown and attentional deficits increase crash risk. This research should lead to the development of a simple assessment procedure to identify subjects whose attentional processes have reached the level beyond which it would be dangerous to continue to drive.

© 2003 INRETS. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Capacité de conduite ; Risque d'accident ; Vieillesse ; Démence de type Alzheimer ; Déficits attentionnels ; Inhibition ; Test de conduite ; Évaluation cognitive

Keywords: Driving skills; Crash risk; Ageing; Alzheimer's disease; Attentional deficits; Inhibition; Road test; Cognitive assessment

1. Introduction

La question de la sécurité routière des personnes âgées présentant des déficits d'attention, comme c'est le cas des personnes évoluant vers une démence ou débutant une maladie d'Alzheimer, interroge à la fois les pouvoirs publics et la communauté scientifique. En effet, le nombre de conducteurs âgés devrait augmenter considérablement et, parallèlement, un accroissement de plus de 20 % entre 2000 et 2020 de cas de personnes démentes est attendu dans la population française (cf. encadré 1, p. 3). De plus, le taux d'accident et le risque d'accident des personnes présentant une démence de type Alzheimer sont plus élevés par rapport à celles présentant un vieillissement normal (Cooper et al., 1993), (Dubinsky et al., 1992), (Friedland et al., 1988), (Tuokko et al., 1995). Dans ces accidents, les conducteurs déments sont plus souvent jugés responsables et 80 % d'entre eux continuent de conduire dans les trois ans suivant l'accident, un tiers d'entre eux ayant un nouvel accident durant cette période (Cooper et al., 1993). Par ailleurs, Johansson et al. (1997) ont observé une augmentation de la présence de l'allèle $\epsilon 4$ de l'apolipoprotéine E¹ chez des conducteurs âgés décédés et autopsiés lors d'accidents de la circulation. Les porteurs de l'allèle $\epsilon 4$ ont deux à cinq fois plus de risques de développer une maladie d'Alzheimer, les régions du cortex associatif impliquées dans la prise de décision, le jugement, les fonctions visuelles et spatiales étant particulièrement affectées. Pour les auteurs, le diagnostic de maladie d'Alzheimer était certain chez 33 % des conducteurs âgés décédés et possible dans 20 % des cas.

Dans une perspective de sécurité routière, l'étude des conducteurs atteints de démence implique de considérer également des populations qui présentent un risque de développer ce type de pathologie. Ces personnes présentent généralement une plainte mnésique associée à une diminution des performances cognitives (Collie & Maruff, 2000) et une importante proportion d'entre elles évolue assez rapidement vers une maladie d'Alzheimer (Huang et al., 2000).

La décision qui touche au retrait ou maintien du permis de conduire est délicate, car la conduite est synonyme d'indépendance pour de nombreuses personnes âgées, notamment

dans les petites villes et zones rurales où le transport en commun n'est pas une alternative satisfaisante. Priver les personnes de la possibilité de se déplacer en voiture les forcerait à un isolement qui aurait pour conséquence probable d'accélérer la détérioration de leurs capacités ou l'entrée en institution, ce qui est contradictoire avec la politique actuelle de maintien à domicile des personnes âgées.

En France, des mesures sont prises à l'égard des personnes suspectées de déficits physiques, perceptifs ou neurologiques pouvant générer des difficultés de conduite. D'après l'arrêté ministériel du 7 mai 1997 *Les troubles neurologiques, comportementaux ou les troubles de sénescence, dus à des affections, des opérations du système nerveux central ou périphérique, extériorisés par des signes moteurs, sensitifs, sensoriels, trophiques, perturbant l'équilibre et la coordination, seront envisagés en fonction des possibilités fonctionnelles par le spécialiste*. Les médecins manquent cependant de critères objectifs pour évaluer l'aptitude cognitive à la conduite automobile. Nous suggérons que soient appréciées plus finement ces capacités cognitives et plus spécifiquement les performances attentionnelles des conducteurs âgés, en particulier en cas de pathologie cognitive. C'est dans ce contexte que s'inscrit l'étude SÉROVIE, dont le principal objectif est d'identifier une population de personnes âgées à risque élevé d'accident de la circulation. Au terme de l'étude, un outil d'évaluation pourra être mis à la disposition des cliniciens qui sont amenés à évaluer les sujets présentant une plainte cognitive, ce qui leur permettra de donner un conseil argumenté aux patients et à leurs familles en matière d'arrêt ou non de la conduite automobile. Cette étude pluridisciplinaire, dont les bases méthodologiques seront détaillées dans cet article, fait appel à la fois à des domaines tels que la neuropsychologie, la psychologie cognitive du vieillissement, l'épidémiologie de la démence et à des modèles d'analyse de l'activité de conduite automobile.

L'hypothèse sur laquelle repose ce travail est que les déficits attentionnels liés au vieillissement normal et pathologique sont en lien avec les capacités de conduite et le risque d'accident.

1.1. Déficits attentionnels, conduite automobile et maladie d'Alzheimer

D'après Park (1999), le vieillissement s'accompagne de troubles cognitifs qui touchent principalement quatre fonc-

¹ L'apolipoprotéine E est une protéine jouant un rôle dans le transport du cholestérol et des phospholipides. Elle a été mise en évidence au sein des lésions de la maladie d'Alzheimer, aussi bien dans les plaques séniles que dans la dégénérescence neurofibrillaire.

Encadré 1

LA DÉMENCE SÉNILE DE TYPE ALZHEIMER

Les démences se divisent en deux grandes classes, les démences dégénératives qui représentent 60 % de l'ensemble, dont la maladie d'Alzheimer est la plus commune, et les démences non dégénératives, dominées par les démences vasculaires.

La maladie d'Alzheimer provoque la dégénérescence des cellules nerveuses et en particulier des cellules nerveuses impliquées dans les fonctions intellectuelles. Les syndromes de cette pathologie sont essentiellement une dilatation des ventricules cérébraux et une atrophie affectant particulièrement les lobes frontal, pariétal et temporal. Au tout début de la maladie, les lésions morphologiques ne sont pas quantifiables *in vivo* au moyen de la technique de l'Imagerie par résonance magnétique (IRM). En revanche, Eustache et al. (1999) ont montré que la technique de tomographie à émission de positons permettait de renseigner sur les substrats neuronaux impliqués en temps réel dans une activité cognitive donnée. Les modifications cognitivo-métaboliques que provoque la maladie d'Alzheimer peuvent ainsi être observées.

Lors de la phase initiale, la personne atteinte de la maladie d'Alzheimer présente des troubles mnésiques qui constituent le symptôme révélateur de la maladie et occupent une position centrale dans l'établissement du diagnostic (DSM-IV (APA, 1994) et NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984). Ces troubles se caractérisent par des difficultés à apprendre de nouvelles informations, des oublis d'épisodes vécus récemment, des oublis d'actions à accomplir. La seconde phase se caractérise par une perte d'autonomie importante. Enfin, au stade terminal, les personnes deviennent totalement dépendantes, ne communiquent plus et deviennent grabataires.

La prévalence (nombre total de cas) et l'incidence annuelle (nombre de nouveaux cas par an) de la démence ont été estimées dans l'étude BAQUID (Quid sur les personnes âgées), à partir d'un échantillon représentatif de la population générale. Il s'agit d'une cohorte composée de 3 777 personnes, âgées de 65 ans et plus, vivant à domicile et suivies depuis 1989 en Gironde et en Dordogne (Dartigues et al., 1991). Selon les critères du DSM-III-R (APA, 1987) et l'échelle d'Hachinski, la prévalence de la démence chez les 65 ans et plus serait de 4,3 % et de 3,1 % pour la maladie d'Alzheimer. L'incidence de la maladie d'Alzheimer augmente de façon exponentielle après 75 ans, alors qu'elle reste stable pour les autres démences. Au delà de 90 ans, on évalue à 26 % les sujets atteints de démence (de tout type) et à 22 % ceux atteints de la maladie d'Alzheimer.

tions : les fonctions sensorielles, la vitesse de traitement des informations, le fonctionnement de la mémoire de travail² et les processus d'inhibition. C'est en particulier ce dernier mécanisme, une composante de l'attention, qui nous intéresse ici et qui semble le plus en lien avec l'activité de conduite automobile. D'après Hasher et Zacks (1988), un dysfonctionnement du processus d'inhibition a pour conséquence le maintien d'informations non pertinentes en mémoire de travail, informations qui proviennent de traitements antérieurs et qui n'ont pas été supprimées. Ces auteurs ont collecté un ensemble de données montrant que les personnes âgées maintenaient davantage des informations non pertinentes préalablement entendues que les plus jeunes et que ces informations perturbaient le bon fonctionnement de la mémoire de travail. Chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, ces difficultés sont renforcées. Greenwood et al. (1989, 1991) ont observé que ces dernières ont plus de difficultés que les sujets normaux à désengager et à réorienter leur attention. À l'aide de différents paradigmes (Stroop Test, Trail Making Test, Negative Priming), Amieva (2000) a également montré que les processus d'inhibition étaient spécialement perturbés chez les sujets atteints de la maladie

d'Alzheimer par rapport à des sujets dont le vieillissement était normal.

La conduite automobile sollicite fortement l'attention, ainsi que les processus d'inhibition. Elle demande la résolution simultanée de plusieurs actions comme le maintien d'une direction, une attention soutenue aux conditions de trafic ou un choix d'itinéraire. Pour Parasuraman et Nestor (1991) l'attention sélective doit pouvoir être engagée et désengagée, afin que le conducteur assure une continuité dans la gestion de l'environnement, de la situation du véhicule et de son propre état interne. Il s'agit donc de focaliser son attention sur des informations pertinentes et de pouvoir la réorienter sur d'autres sources d'informations pertinentes selon la tâche qui est en cours. L'attention doit être partagée entre les différentes tâches à accomplir. Certains aspects peuvent être automatisés comme changer de vitesse et appuyer sur la pédale d'embrayage, ce qui permet de gérer correctement l'activité dans des situations de conduite routinière. En revanche, l'augmentation du degré de complexité de la situation, associée à une contrainte temporelle forte, accroît la demande d'attention divisée. Tout conducteur, même expérimenté doit alors coordonner efficacement plusieurs tâches simultanément. L'attention doit être soutenue pour détecter les événements imprévisibles.

Nous supposons que dans le cas des personnes présentant le risque de développer une démence ou en phase précoce de

² Unité de stockage à capacité limitée, destinée au maintien temporaire et à la manipulation de l'information pendant la réalisation d'une série de tâches cognitives de compréhension, de raisonnement, ou d'apprentissage.

maladie d'Alzheimer, certaines composantes de ces processus attentionnels sont perturbées.

1.2. Comment évaluer une conduite sécuritaire ?

Actuellement, les procédures qui existent à l'échelle internationale pour décider du maintien ou du retrait du permis de conduire d'une personne âgée sont très diverses. Les protocoles sont peu standardisés et les outils utilisés ne sont pas spécialement conçus pour être sensibles au contexte de sécurité routière (OCDE, 2001). De plus, les différents travaux empiriques ou expérimentaux, ainsi que les outils qui en découlent, concernent souvent des personnes âgées ne présentant aucun trouble neurologique.

Plusieurs approches méthodologiques, employées seules ou bien associées, sont généralement utilisées pour explorer les capacités fonctionnelles des conducteurs âgés : les questionnaires d'auto-évaluation de ses propres difficultés, l'évaluation en situation de conduite et les tests neuropsychologiques.

1.2.1. L'évaluation des capacités de conduite par questionnaire

Une façon d'évaluer les capacités de conduite consiste à s'adresser directement aux personnes âgées au moyen d'un questionnaire. L'idée sous-jacente de ce type d'approche est que les conducteurs âgés sont en mesure de déterminer par eux-mêmes quand ils ne peuvent plus conduire d'une façon sécuritaire. En utilisant cette méthode, Hjorthol et Sagberg (1998) notent ainsi que 3 à 12 % des conducteurs hommes âgés de 50 à 84 ans déclarent que la conduite automobile leur pose un problème, le pourcentage s'élevant à 21 % dans le cas des conductrices du groupe d'âge le plus élevé, compris entre 78 et 84 ans. Conformément à ces résultats, Hakamies-Blomqvist (1996) indique que c'est surtout après 70 ans que les difficultés liées à l'âge surviennent.

Dans le Driving Behaviour Questionnaire (DBQ), Parker et al. (2000) distinguent trois types de comportement de conduite aberrant : les erreurs (échec d'une action planifiée avec un but pouvant avoir des conséquences dangereuses), les violations (comportement risqué adopté délibérément) et les défaillances (étourderies). Si les violations se révèlent absentes des pratiques des conducteurs âgés, il existe en revanche une corrélation entre les défaillances, les erreurs et l'implication dans un accident. Le DBQ a également été utilisé par une équipe suédoise sur un groupe d'une centaine de personnes (Rimmö & Hakamies-Blomqvist, 2002). Ces auteurs ont discerné dans les défaillances les erreurs d'inexpérience, liées à une pratique très faible de la conduite (facteur qui concerne surtout le maniement du véhicule et davantage les femmes que les hommes) des erreurs dues à un manque d'attention (cas où le conducteur ne prend pas d'information dans l'environnement, facteur surtout sensible à l'âge). Ces deux facteurs, erreurs d'inattention et erreurs d'inexpérience, apparaissent être les plus prédictifs d'une autolimitation de la conduite. Selon les auteurs, les conducteurs âgés ayant le plus de difficultés sont ceux qui limitent le

plus leur conduite et s'arrêtent rapidement d'eux-mêmes. Les auteurs soulignent également des difficultés méthodologiques liées à l'auto-estimation car les informations ne sont pas vérifiables. Marotoli et Richardson (1998) le confirment en montrant que l'auto-estimation de ses capacités à conduire n'est pas reliée à l'âge, ni à la fréquence d'accident, ni aux performances réelles de conduite. Il existe une très grande variabilité dans l'auto-estimation de ses propres capacités de conduite, notamment chez les conducteurs atteints de la maladie d'Alzheimer (Marotoli et Richardson, 1998). Cette maladie entraîne en effet des troubles de conscience qui se traduisent par une incapacité à détecter ses propres troubles cognitifs et/ou par une anosognosie (ignorance du déficit). En conséquence, une approche à caractère introspectif, comme un questionnaire d'auto-évaluation, n'est pas à même de renseigner de façon fiable sur les capacités de conduite de personnes démentes. Pour éviter cet écueil, certains auteurs s'adressent non pas directement au conducteur atteint de la maladie d'Alzheimer, mais aux personnes qui vivent à ses côtés (Drachman & Swearer, 1993), (Dubinsky et al., 1992). Même si cette approche peut partiellement renseigner sur les difficultés rencontrées par les conducteurs, elle n'est pas suffisante pour permettre de préjuger de leur état fonctionnel.

1.2.2. L'évaluation en situation de conduite

L'évaluation de la conduite peut se faire au moyen d'un simulateur qui permet de faire évoluer les sujets dans un environnement virtuel. Par exemple, Rizzo et al. (1997, 2001) ont montré que les personnes atteintes d'une maladie d'Alzheimer débutante parvenaient plus difficilement que les sujets témoins à éviter des accidents dans des intersections simulées. Ce dispositif présente l'avantage de faire effectuer des parcours identiques à chaque participant sans encourir un risque d'accident. Il reste cependant peu développé et difficile à utiliser avec des personnes âgées qui sont particulièrement sensibles au mal du simulateur (trouble provoqué par la discordance sensorielle qu'induisent les informations visuelles en l'absence de sensation d'accélération ou de décélération).

Une autre façon d'évaluer la capacité de conduite consiste à l'apprécier directement en situation réelle, généralement dans un véhicule équipé de doubles commandes et en présence d'un évaluateur professionnel.

Le contrôle cognitif de la tâche de conduite peut être présenté selon une structure hiérarchisée composée de trois niveaux distincts : le niveau stratégique (la planification générale du déplacement en fonction des objectifs du conducteur), le niveau tactique (négociation des situations de conduite fréquentes telles que les virages, les intersections, les dépassements, l'insertion dans le trafic et l'évitement des obstacles) et le niveau opérationnel (aspects relatifs au contrôle et à la manœuvre du véhicule) (Michon, 1985). Ces niveaux sont associés à des exigences différentes en matière de ressources cognitives. En effet, le niveau stratégique est considéré comme essentiellement dirigé par la mémoire et assez peu soumis à la contrainte temporelle, alors que le

niveau tactique est fortement dépendant des informations situées dans l'environnement de conduite et nécessite des prises de décision rapides. Le niveau opérationnel, quant à lui, met en œuvre des processus largement automatisés, peu coûteux en ressources attentionnelles, mais soumis à une forte contrainte temporelle. Ces trois niveaux fonctionnent en interaction. C'est ainsi que, par exemple, les actions automatiques sont ajustées au niveau tactique, niveau qui sera lui-même adapté aux critères du niveau stratégique. La capacité de conduite ne s'évalue pas seulement en mesurant les performances des niveaux tactique (contrôlé) et opérationnel (automatique), mais également en observant l'aptitude à alterner entre les deux.

Même si l'on peut admettre que ce modèle ne présente pas la totalité de l'organisation des processus cognitifs impliqués dans la conduite (Ranney, 1994), c'est l'un des plus intéressants pour structurer l'observation et l'évaluation de la performance de conduite (De Raedt & Ponjaert-Kristoffersen, 2000).

En situation réelle de conduite, plusieurs méthodologies sont utilisées. Les deux plus grandes distinctions sont les situations de conduite sur route ouverte versus celles qui s'effectuent sur routes fermées ou espaces protégés (parking, pistes...). Sur le plan de la sécurité, l'espace protégé permet de contrôler les facteurs environnementaux et d'appréhender les aspects opérationnels de l'activité de conduite. Il ne rend cependant pas compte de la richesse de la circulation réelle.

Dans une vaste revue de littérature concernant des travaux effectués en Amérique du Nord, Staplin et al. (1998) indiquent qu'un parcours routier doit comprendre des tronçons représentatifs des situations accidentogènes pour des conducteurs âgés, à savoir : plusieurs situations de manœuvres tourne à gauche et tourne à droite dans des intersections présentant divers profils (dont une à plusieurs voies) et systèmes de gestion du trafic (feux tricolores, priorités, stop, cédez le passage), plusieurs situations de changement de voie, des insertions dans un flux de trafic, des environnements visuels variés (urbain et péri-urbain), des zones pourvues de virages et de vitesses limites variées.

L'évaluation en situation réelle de conduite est délicate en raison de la difficulté à établir un système de mesure objectif pour le codage de la performance. Ce codage peut être effectué par un expert *administratif* (comme celui qui délivre les permis de conduire) qui effectue un codage strict correspondant aux prescriptions légales de conduite, ou bien par un évaluateur spécialisé (comme celui qui officie dans les centres d'évaluation de la conduite en Angleterre et en Belgique) qui met en œuvre un codage prenant en compte l'expérience du conducteur et des comportements *sociologiquement pratiques et admis*. Ainsi, considérer un stop comme un cédez le passage dans une intersection donnée sera codé comme une faute grave par l'expert administratif et, dans certaines situations, comme une faute relativement mineure par l'évaluateur (Dobbs et al., 1998).

Le contexte méthodologique dans lequel est effectué le test de conduite peut également être variable, selon que le

trajet à effectuer est ou non familier du sujet (dans un environnement proche de son domicile par exemple). Janke et Winter Hirsch (1997) et Janke et Eberhard (1998) notent sur l'échantillon de conducteurs âgés testés que des erreurs comme *s'arrête sans raison, négocie un virage trop large ou trop court* apparaissent plus souvent sur le parcours inconnu et que la familiarité n'a pas d'effet sur le taux d'erreurs relevé aux intersections signalées. Les auteurs indiquent par ailleurs que l'effet majeur de la familiarité se situe dans l'allocation de l'attention des conducteurs qui, par connaissance, recherchent spontanément et sans effort les bonnes informations au bon endroit.

Il semble plus pertinent de s'orienter vers des parcours inconnus du sujet, pour mettre en évidence les capacités de répartition des ressources attentionnelles des conducteurs âgés et de sélection des informations exploitables. Ici encore, certaines variantes méthodologiques sont possibles, selon que le conducteur doit réaliser seul un trajet à partir d'un plan de route qui lui est donné au départ, ou bien suivre les indications données au fur et à mesure par l'évaluateur. Quand le sujet est laissé libre de choisir sa route pour rejoindre une destination qui lui a été indiquée, ce sont principalement des aspects stratégiques de la conduite qui seront mis en évidence, alors même qu'en termes de sécurité routière il paraît important de s'intéresser plutôt aux aspects tactiques. L'activité perceptive et cognitive que génère la recherche d'indications de navigation (panneau indicateur) peut être produite dans un parcours guidé en demandant ponctuellement au conducteur de suivre une direction donnée, au lieu de lui fournir une indication directionnelle précise (Janke et Eberhard, 1998).

Un certain nombre de travaux portant sur l'évaluation de la capacité à conduire de conducteurs atteints de la maladie d'Alzheimer ont été effectués et, en général, ils montrent une performance de conduite diversement dégradée, selon que les patients sont dans des stades précoces de la maladie (Cushman, 1996), (Hunt et al., 1997) ou plus tardifs (Fitten et al., 1995), (Dobbs, 1997). Les auteurs notent que l'évaluateur intervient sur les commandes d'autant plus souvent que le stade de la maladie est avancé. Les erreurs commises par ces derniers sont également plus graves (ils vont par exemple s'engager dans une rue en sens interdit). Même si les conducteurs atteints de la maladie d'Alzheimer évitent des situations de conduite potentiellement difficiles, ils sous-estiment leurs difficultés (Ball et al., 1998).

1.2.3. Les tests neuropsychologiques

Ils peuvent être utilisés dans un but descriptif ou bien prédictif des aptitudes à la conduite ou du risque d'accident. En effet, ils permettent l'évaluation et la caractérisation des troubles cognitifs, ainsi que l'identification des formes pathologiques du vieillissement.

Le Tableau 1 présente, de façon non exhaustive, un ensemble de travaux et montre la grande diversité de tests utilisés. Il est intéressant de remarquer que toutes les études utilisent une combinaison de plusieurs tests. Ceci permet d'appréhender

Tableau 1
Présentation d'un ensemble de travaux portant sur l'évaluation de l'efficacité cognitive et des capacités de conduite chez le sujet âgé sain ou pathologique

Référence	Population testée	Tests utilisés	Prise en compte des accidents	Test de conduite
(Hunt et al., 1993)	Conducteurs âgés (13) Conducteurs Alzheimer stade très précoce (12) stade précoce (13)	Test d'évaluation de l'aphasie (fluence verbale), Short Blessed Test, sub-test de l'échelle de Wechsler (mémoire, code), test de Benton, Trail Making test part A, tests de perception, test de reconnaissance de panneaux routiers	non	oui (route ouverte)
(Fines et al., 1995)	Conducteurs âgés (24) Conducteurs Alzheimer (13) Démence vasculaire (12) Diabétiques (15) Conducteurs jeunes (16)	MMSI, test de l'Horloge, test de Sternberg, tests d'attention partagée et d'attention soutenue	rétrospective	oui (route ouverte)
(Cushman, 1996)	Conducteurs âgés (91) Conducteurs Alzheimer (32)	Trail Making test part B, UFOV, tâche de partage d'attention et d'attention soutenue	non	oui (route ouverte)
(Dobbs, 1997)	Conducteurs âgés avec troubles cognitifs, dont Alzheimer (176) Conducteurs jeunes (33)	Ensemble de tests (Drive Able Testing) : tâche d'attention sélective, jugement d'acceptation d'un écart, UFOV, test de mémoire de travail spatiale, temps de réaction simple et de choix, différents scénarios de conduite présentés sur vidéo	non	oui (route fermée et route ouverte)
(Fox et al., 1997)	Conducteurs Alzheimer (19)	MMSI, sub-tests de l'échelle de Wechsler (complément d'image, code, assemblage d'objets), test de Benton, un ensemble de tests concernant la vision et l'attention, Trails Making tests A et B	non	oui (route ouverte)
(Lundberg et al., 1998)	Conducteurs de plus de 65 ans dont le permis a été suspendu (37) Sujets contrôles dont le permis n'a pas été suspendu (31)	Sub-tests de l'échelle de Wechsler (similitudes, code, assemblage d'objets), figure complexe de Rey, test d'apprentissage verbal de Rey, une tâche de rappel de mots d'une liste, Trails Making tests A et B et une série de mesures de temps de réaction (simple, de choix).	rétrospective	non
(Janke & Eberhard, 1998)	Conducteurs âgés adressés à une agence d'évaluation (75) Conducteurs âgés volontaires (31)	Trail Making test part A modifié (Auto- Trails), test de Pelli-Robson, test de connaissance sur la conduite et de reconnaissance des panneaux routiers et un test de reconnaissance d'indices, UFOV	non	oui (route ouverte)
(Ball et al., 1998)	257 conducteurs âgés de plus de 55 ans sans accident avec un à trois accidents en tant que responsable avec quatre accidents ou plus en tant que responsable	Mattis Organic Mental Status Syndrome Examination, UFOV	rétrospective	non
(McKnight & McKnight, 1999)	Conducteurs âgés de plus de 65 ans sans accident (154) avec accidents en tant que responsable (253)	Ensemble de tests informatisés sur les aspects attentionnels, perceptifs, cognitifs et psychomoteurs	rétrospective	oui (route ouverte)
(De Raedt & Ponjaert-Kristoffersen, 2000)	Conducteurs âgés de plus de 65 ans adressés à une agence d'évaluation (84)	MMSI, test de l'Horloge, Trail Making test part A	prédictive	oui (route ouverte)
(Collinard et al., 2000)	Conducteurs âgés sans accident (83) avec deux accidents en tant que responsable sur deux ans (35)	MMS, Rivermead behavioral memory test, test de Stroop, tests des fonctions instrumentales, d'orientation de figures, de repérage d'objets, d'évaluation des praxies idéomotrices	rétrospective	oui (route ouverte)
(Daigneault et al., 2002)	Conducteurs âgés sans accident (90) avec trois accidents en tant que responsable sur cinq ans (90)	Colortrail tests (similaires au Trail Making), test de Stroop, Tour de Londres, Wisconsin card sorting test	rétrospective	non

der les différentes fonctions cognitives telles que la mémoire, en particulier la mémoire de travail, les capacités attentionnelles, perceptives, et psychomotrices. En revanche, cette diversité peut également révéler la multitude d'hypothèses

proposées pour expliquer les effets du vieillissement sur les aptitudes à la conduite. Ainsi, Ball et al. (1998) ont développé la notion de champ utile de vision (UFOV pour Useful field of view) qui ajoute une dimension attentionnelle à la notion

classique de champ visuel : pour ce paramètre, le principe est que, si la charge attentionnelle augmente en vision centrale, la capacité à détecter des cibles excentrées diminue. Le test développé par ces auteurs se montre assez sensible à l'âge (Cushman, 1996), cependant son aspect peu écologique par rapport à la conduite automobile n'en fait pas, à l'heure actuelle, l'unique test valide.

Déterminer à partir de ces travaux quel test est le meilleur prédicteur des aptitudes à la conduite est un exercice très difficile en raison d'un manque évident de standardisation des protocoles employés. Dans leur revue de question, Elliott et Grayson (2001) indiquent que les principaux axes explorés par les tests neuropsychologiques sont les capacités d'engagement et de désengagement de l'attention, les capacités de jugement et les habiletés visuo-spatiales. Si la variable attentionnelle est étudiée dans un bon nombre d'études citées dans le tableau, elle l'est rarement de façon très précise et les processus d'inhibition, composante de l'attention, sont peu examinés. Bien qu'un certain nombre de travaux utilisent la version B du Trail Making Test, la composante inhibitrice n'est que très rarement explorée alors qu'elle semble associée au risque d'accident (Lafont et al., 2002).

À cet égard, le test de Stroop est particulièrement intéressant pour étudier le processus d'inhibition en tant que tel. Il s'agit pour le sujet d'indiquer la couleur de l'encre avec laquelle un mot désignant une couleur est écrit, sans tenir compte de son aspect sémantique. Des interférences classiques se produisent (effet Stroop) lorsque par exemple l'item à désigner est le mot *rouge* écrit en bleu : on doit dire *bleu*, alors que la tendance naturelle est de répondre *rouge*. Le sujet doit donc focaliser son attention sur la dimension perceptive de l'item en inhibant l'opération automatique de lecture. Fisher et al. (1990), ainsi que Amieva (2000) ont montré que les patients atteints de la maladie d'Alzheimer avaient un important effet Stroop. Pour clore le propos sur l'étude des processus d'inhibition, il faut également mentionner l'intérêt du paradigme de l'amorçage négatif³ qui, s'il est plus compliqué à mettre en œuvre et à faire accepter aux sujets âgés que les tests de Stroop et Trail Making Test, se montre tout particulièrement sensible à l'âge et aux pathologies démentielles (Amieva et al., 1998, 2002).

Si l'évaluation neuropsychologique reste un élément indispensable de l'évaluation des aptitudes à la conduite, en raison de la finesse avec laquelle elle explore les fonctions cognitives, il semble encore prématuré de passer directement des tests au risque d'accident sans avoir recours à une mise en situation réelle de conduite associée à une observation structurée.

³ L'amorçage négatif consiste à mesurer l'augmentation de la latence de dénomination d'un stimulus cible qui présente la particularité d'avoir été inhibé au cours de l'essai précédent.

2. L'étude SÉROVIE

Elle a pour objectif de proposer un outil susceptible de fournir un diagnostic précis sur les capacités de conduite automobile des personnes âgées, ainsi que des personnes développant une maladie d'Alzheimer. Le point de vue qui nous intéresse — et qui constitue également l'originalité de l'approche — est de prendre en compte les différentes composantes des processus attentionnels impliqués dans l'activité de conduite automobile (attention divisée, attention soutenue, attention sélective, processus d'inhibition). Il s'agit ainsi de mettre en évidence les composantes déficitaires chez les personnes âgées et chez les personnes débutant une maladie d'Alzheimer, population qui présente des déficits attentionnels à un stade très précoce de la maladie.

Deux types d'études complémentaires sont conjointement menées, une approche expérimentale avec une étude de type exposés/non-exposés à des déficits attentionnels et une approche épidémiologique avec une étude de type cohorte.

Dans l'approche expérimentale, une évaluation fine des fonctions cognitives, en particulier des capacités d'attention et d'inhibition, est associée à une mesure des capacités de conduite en situation réelle. Cette étude va permettre d'analyser les relations entre les déficits attentionnels et les capacités de conduite automobile.

L'approche épidémiologique consiste à effectuer le suivi de mille cinq cents personnes âgées et de recueillir, rétrospectivement dans un premier temps, puis de façon prospective dans un second temps, les accidents de la circulation routière. Comme dans l'étude expérimentale, une évaluation fine des fonctions cognitives est proposée. Cette étude, dont les premiers résultats sont en cours d'analyse, va permettre de renseigner sur les relations entre les déficits attentionnels et le risque d'accident.

2.1. L'étude expérimentale

2.1.1. Participants

Seuls sont inclus les conducteurs qui effectuent actuellement au moins trois mille kilomètres par an. Trois groupes de sujets sont constitués :

- 20 sujets exposés à des déficits attentionnels identifiés comme étant au stade débutant de la maladie Alzheimer ;
- 20 sujets présentant un risque de développer une pathologie démentielle ;
- 40 sujets *non exposés* à des déficits attentionnels, de même âge (± 3 ans), même sexe et même niveau d'étude que les sujets précédents.

Sont exclues les personnes présentant une autre pathologie déclarée (autres types de démences, déficiences perceptives graves) et/ou consommant des psychotropes/antidépresseurs depuis peu de temps.

L'étude expérimentale SÉROVIE est organisée conformément au livre I - Titre 2 et 3 du Code de la santé publique (Loi Huriet-Sérusclat du 20 décembre 1988). Elle a obtenu un avis favorable du Comité consultatif de protection des personnes

dans la recherche biomédicale de Lyon (CCPPRH), de la Direction générale de la santé (DGS) et du Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé.

L'évaluation des performances cognitives des sujets exposés et non exposés à des déficits attentionnels s'effectue dans le service de neurologie de l'hôpital Bellevue de Saint-Étienne. Le questionnaire est également rempli dans le service avec la psychologue. La conduite s'effectue quelques jours plus tard avec le véhicule de l'INREST-LESCOT.

2.1.2. Données générales

Des données générales sont recueillies par questionnaires et entretiens auprès des participants, à savoir :

- les caractéristiques socio-démographiques ;
- une évaluation de l'autonomie fonctionnelle des sujets avec l'échelle de Katz qui explore les activités de la vie quotidienne (Katz, 1983), l'échelle de Lawton qui évalue les activités instrumentales de la vie quotidienne (Lawton & Brody, 1969), trois items de l'échelle de Rosow et Breslau, ainsi qu'une échelle de confinement ;
- une auto-évaluation de la santé subjective sur une échelle à cinq degrés, allant de très bonne à très mauvaise ; les informations sur les médicaments pouvant agir sur la vigilance et les capacités de réaction sont recueillies et triées selon les grandes classes de médicaments ;

- une mesure de l'exposition au risque routier : distance parcourue avec différents modes de transport et fréquence d'utilisation du véhicule ;
- une difficulté de conduite rencontrées par les sujets sur autoroute, en ville, la nuit et dans des carrefours complexes, ainsi que les comportements d'évitement associés.

2.1.3. Évaluation des processus cognitifs

Les processus cognitifs sont évalués, d'une part avec des tests papier-crayon, d'autre part à l'aide d'une batterie de tests sur ordinateur.

Les tests papier-crayon sont décrits dans l'encadré 2.

La batterie de tests sur ordinateur, développée à l'U593 de l'INSERM (Amieva et al., 2002), utilise un micro-ordinateur portable à écran tactile, combiné à des moules de mains avec cellules photoélectriques. Ce système permet, pour les temps de réaction, de différencier le temps d'analyse du temps moteur, ainsi que des temps de réaction vocaux.

La batterie permet des mesures de base du temps de réaction (simple : toucher une cible, au choix ; choisir entre deux cibles, choix séquentiel : tâche de type go-no go). Par ailleurs, quatre tests complètent ces mesures de temps de réaction.

- Un test d'amorçage négatif (Tipper, 1985) : à chaque essai, deux stimuli (dessins) superposés sont présentés brièvement à l'écran, la tâche du sujet étant de nommer le dessin rouge et d'ignorer le dessin vert. Au cours de certains essais

Encadré 2

LES TESTS PAPIER-CRAYON UTILISÉS POUR L'ÉVALUATION DES PERFORMANCES COGNITIVES

Le Mini Mental Status (MMS et son évolution le MMSE) évalue les performances cognitives globales (Folstein et al. 1975). Les questions évoquent des situations temporelles (jour, année, saison) dans l'espace (lieu, ville, département, pays). Ce test évalue la capacité à répéter des mots courants, à dénommer des objets, à exécuter des ordres, à écrire librement, à reproduire un dessin, ainsi qu'à réaliser des calculs simples. Le score maximum est de 30 points et l'on considère qu'un score inférieur ou égal à 23 indique une suspicion de démence, cette évaluation étant modulée par le niveau d'étude.

Dans le Test de rétention visuelle de Benton, on présente au sujet un dessin durant dix secondes. Il doit ensuite le reconnaître parmi un choix de quatre réponses. Il s'agit donc plus particulièrement d'un test visuo-spatial de mémoire et de reconnaissance.

Le Set test d'Isaac est un test de fluence verbale : en une minute le sujet doit donner le plus possible de mots appartenant à une catégorie donnée (couleurs, animaux, villes, fruits). Si l'on observe classiquement des répétitions pour les sujets âgés, les intrusions de mots n'appartenant pas à la catégorie sont caractéristiques des déficits des mécanismes attentionnels inhibiteurs.

Le Test de barrage de Zazzo, dans lequel le sujet doit barrer tous les carrés semblables au modèle présenté en haut de la feuille, teste la dimension temporelle de l'attention soutenue.

Les Codes de Wechsler (épreuve issue de l'échelle d'intelligence pour adultes de Wechsler) consistent à associer, en quatre-vingt-dix secondes, le plus de signes possible à des chiffres en respectant le modèle proposé. C'est une tâche d'apprentissage avec une mise à l'épreuve de la mémoire à court terme.

Le Trail Making B est un test composé d'une série de chiffres de 1 à 13 et d'une série de lettres de A à L, réparties sur une feuille de papier. Le sujet doit relier par un trait de crayon, le plus rapidement possible, le premier chiffre à la première lettre de l'alphabet, puis au deuxième chiffre et à la deuxième lettre et ainsi de suite sans lever le crayon. Plusieurs critères sont étudiés : la performance globale, le temps de passation du test rapporté au nombre de déplacements, enfin les erreurs. Ces dernières font l'objet d'une analyse qualitative qui permet d'identifier différents types d'erreurs.

dits d'amorçage négatif, le stimulus à nommer à l'essai $n + 1$ est identique à celui qui devait être ignoré à l'essai précédent. La variable mesurée est l'augmentation de la latence de dénomination du stimulus cible au cours de ces essais, qui reflète l'inhibition qui s'opère sur le stimulus distracteur.

- Un test de Stroop ; il est présenté dans sa version classique, consistant à nommer la couleur de l'encre de mots désignant une couleur différente, sans tenir compte de la lecture du mot (Lowe, 1985).

- Un test de Stop Signal (Kramer, et al., 1994), qui consiste à mesurer la capacité à inhiber une réponse motrice en fonction de la prise en compte d'un signal sonore, le sujet étant engagé dans une tâche de réaction et étant informé qu'il doit inhiber sa réponse lorsqu'il entend le signal sonore.

- Un test d'attention partagée, qui se décompose en trois étapes, une tâche simple de jugement sémantique, une tâche simple visuo-spatiale présentant trois stimuli (type Zazzo), une troisième étape au cours de laquelle le sujet doit effectuer de manière simultanée les deux tâches précédentes.

2.1.4. Évaluation des performances de conduite

2.1.4.1. *Le véhicule.* Le véhicule instrumenté de l'INRETS-LESCOT est équipé de caméras vidéo permettant d'obtenir les séquences observables nécessaires à l'analyse de l'activité de conduite (voir Fig. 1). Le véhicule est équipé d'un système de doubles commandes (accélérateur, frein, embrayage) et double rétroviseur. La conduite se déroule en présence d'un moniteur d'auto-école.



Fig. 1. Exemple d'image vidéo utilisée pour analyser l'activité de conducteur.

2.1.4.2. *Le parcours.* Il se situe dans la ville de Saint-Étienne, dure de quarante à cinquante minutes pour vingt kilomètres parcourus. Il alterne une partie en centre ville avec une partie en zone périurbaine et comporte également une portion sur voie rapide. Il est découpé en 49 sections, pouvant comporter une ou plusieurs situations codées. Les intersections les plus complexes sont des tournes à gauche non protégés, ainsi que des insertions dans le trafic ou sur voie rapide.

Durant l'une des parties dites roulantes (sans changement de direction), le conducteur est invité à effectuer une tâche de comptage des panneaux situés sur le côté droit de la route en faisant abstraction des panneaux identiques placés du côté gauche. Les indications de direction sont données au conducteur par le moniteur d'auto-école au fur et à mesure de la progression. Pour quelques situations, le conducteur reçoit seulement une indication de direction et doit définir par lui-même l'action à effectuer. La réalisation du parcours de conduite est précédée d'une phase de prise en main du véhicule.

2.1.5. La grille d'analyse de l'activité de conduite

La grille d'analyse de l'activité de conduite a une visée évaluative et descriptive. Elle n'a pas été conçue pour éprouver les capacités de conduite telles qu'elles sont exigées lors du permis de conduire. Les erreurs relevant de mauvaises habitudes (stop glissé) sont donc distinguées de celles concernant les difficultés à gérer simultanément plusieurs informations. Les unités de comportement correctement réalisées sont codées 0, les unités incorrectement réalisées sont codées de façon différenciée selon leur gravité. Le score obtenu pour chacun des sujets correspond donc à un cumul de points de pénalité. Les critères principaux qui composent cette grille sont pertinents pour certaines sections du parcours routier et ne le sont pas pour d'autres.

- *Rétroviseurs* : on estime qu'un contrôle des rétroviseurs (au moins l'un des trois) est nécessaire pour tout changement de file.

- *Exploration visuelle (à droite et à gauche)* : cette dimension est prise en compte pour les intersections avec stop, cédez le passage, priorité à droite, et en complément des rétroviseurs pour certains changements de file.

- *Clignotant* : pour tout écart, changement de file ou changement de direction.

- *Choix de file* : il peut concerner le choix de file, par exemple à l'approche d'une intersection, ou bien la position et le maintien dans la file sur laquelle roule le véhicule.

- *Suivi de direction* : il peut être guidé par les indications du moniteur, qui précise au fur et à mesure du parcours la direction que le conducteur doit suivre (exemple : au prochain feu, tournez à gauche). Il est non guidé lorsque le conducteur doit se diriger seul en suivant des panneaux directionnels.

- *Vitesse* : pour cette dimension, un item *précipitation* a été défini pour toute vitesse jugée trop élevée par le moniteur et un item *hésitation* pour des ralentissements injustifiés ou

quand le conducteur hésite à s'engager (trop grande latence au démarrage).

- Respect de la signalisation : il concerne les feux tricolores, les panneaux stop, cédez le passage et les priorités à droite.

- Interventions du moniteur : elles peuvent concerner une action du moniteur sur le frein, la boîte à vitesse, le volant, ainsi qu'une intervention verbale lors d'un arrêt injustifié du conducteur sur la voie.

- Voitures en face : ce critère est retenu afin de préciser les difficultés rencontrées par chaque conducteur lors de manœuvres de tourne à gauche.

La grille d'analyse de l'activité de conduite est remplie en temps réel dans le véhicule par un observateur placé à l'arrière et vérifiée a posteriori avec la vidéo. Cette grille intègre essentiellement des aspects relatifs au niveau tactique de l'activité de conduite ; les aspects opérationnels sont évalués globalement par le moniteur d'auto-école et par l'observateur. Enfin, le moniteur évalue à l'issue de l'épreuve l'aspect sécuritaire de la conduite du sujet.

La faisabilité de ce protocole a été testée auprès de quatre sujets présentant des déficits attentionnels et quatre sujets n'en présentant pas (Favre, 2000).

Les résultats préliminaires obtenus, certes limités en raison du faible nombre de sujets, ont néanmoins permis de conclure favorablement quant à la pertinence des outils mis au point (Marin-Lamellet et al., 2000).

2.2. L'étude de cohorte

Cette étude est réalisée en collaboration avec l'Unité 593 de l'INSERM Épidémiologie, santé publique et développement, basée à Bordeaux. L'équipe est spécialisée dans l'épidémiologie de la démence et a validé la batterie informatisée de tests neuropsychologiques décrite plus haut (Amieva et al., 2002).

L'échantillon des sujets de la cohorte est constitué à partir des listes électorales. Il réunit mille cinq cents personnes âgées de 65 à 85 ans, domiciliées à Bordeaux et incluses dans la cohorte 3 *Cités* de l'INSERM.

Outre le recueil des données générales comme dans l'étude expérimentale, ainsi que les questionnaires répondant aux objectifs de la cohorte 3C, un auto-questionnaire est également remis aux sujets ; il comprend des questions sur la conduite automobile et la survenue d'accidents de la circulation routière dans les cinq dernières années. Le niveau cognitif des sujets est aussi évalué au moyen des tests papier-crayon décrits dans l'encadré 2, p. 8. Environ dix-huit mois plus tard, la batterie de tests informatisés est proposée et un autre recueil est effectué, avec notamment un questionnaire spécifique de sécurité routière qui explore l'exposition des sujets au risque routier, les difficultés rencontrées lors de la conduite automobile et enfin la survenue d'accident de la circulation en tant que conducteur de véhicule ou en tant que piéton. C'est précisément les liens entre les déficits attentionnels et le risque d'accident qui devraient être mis en évidence dans cette étude de cohorte.

3. Conclusion

L'objectif de SÉROVIE (Sécurité routière et vieillissement) est de proposer un outil destiné à fournir un diagnostic sur les capacités de conduite automobile et le risque d'accident des personnes âgées connaissant un vieillissement normal ou exposés à des déficits attentionnels importants. Une des préoccupations est que l'utilisation de cet outil dans une procédure d'évaluation réponde à des impératifs de temps, de coût, de faisabilité et surtout de fiabilité.

L'originalité de cette étude se décline en quatre points.

Le premier consiste à identifier le sous-groupe de personnes dites à surrisque que sont les personnes susceptibles d'évoluer vers une démence et les personnes présentant une maladie d'Alzheimer à un stade débutant.

Le deuxième est de centrer l'approche sur les déficits attentionnels. En effet, selon Duchek et al. (1997), la majorité des accidents chez les personnes âgées sont dus à un *manque d'attention* et se produisent dans des situations où la demande cognitive est forte (aux intersections par exemple). Nous suggérons que c'est spécifiquement une composante de l'attention — les processus d'inhibition — qui est perturbée dans le vieillissement normal et dans une plus forte mesure dans la maladie d'Alzheimer, y compris aux stades débutants.

L'association de compétences complémentaires de la part d'équipes de recherche et hospitalière différentes constitue le troisième point marquant de l'étude SÉROVIE.

Enfin, le dernier aspect consiste à associer une étude expérimentale à une étude de cohorte. Grâce à cette approche conjointe, il sera possible d'évaluer dans quelle mesure les déficits attentionnels sont liés aux capacités de conduite et au risque d'accident chez des sujets âgés normaux et chez des sujets connaissant un vieillissement pathologique.

L'étude SÉROVIE est financée par la Direction de la sécurité et de la circulation routière (DSCR).

Abridged version

The question of road safety in relation to elderly persons with attentional deficits such as persons in the early stages of dementia of the Alzheimer type is of concern both to the public authorities and the scientific community. Along with the greater number of elderly drivers between 2000 and 2020 there is expected to be an increase of over 20% in the number of persons with dementia of the Alzheimer type in France. Furthermore, the crash risk among persons with dementia of the Alzheimer type is higher than among those who are ageing normally (Cooper et al., 1993), (Dubinsky et al., 1992), (Friedland et al., 1988), (Tuokko et al., 1995). In the accidents in question the drivers with dementia are often considered to be responsible, and 80% of them continue to drive during the three years following the accident. One third

of the latter group have another accident during this period (Cooper et al., 1993).

Alzheimer's disease causes the degeneration of nerve cells, in particular those involved in intellectual functions. During the initial phase, the Alzheimer's disease patient has mnemonic deficits which are the revealing symptom of the disease and which play a central role in its diagnosis. These deficits are characterized by difficulty in learning new information, forgetting recent episodes in their lives and forgetting to perform certain actions. Attentional processes, which have been the subject of less study, are also affected in the very early stages of the disease.

Medical doctors lack objective criteria for evaluating cognitive aptitude with regard to driving. We suggest that these cognitive skills, and more specifically the attentional performance of elderly drivers, particularly those with a cognitive pathology, need to be assessed more accurately. This is the background of the *SÉROVIE* study, whose main purpose is to identify a population of elderly drivers with a high crash risk. This study is continuing at the time of writing and once the results have been processed, it is hoped to provide the clinicians who evaluate subjects with a cognitive complaint with a tool that will enable them to give sound advice to the patients and their families about the cessation of driving. This work is based on the hypothesis that the attentional deficits associated with normal or pathological ageing have an impact on driving skills and crash risk. Two complementary types of study were undertaken side by side in order to test this hypothesis, one experimental study of persons exposed to and not exposed to attentional deficits and an epidemiological cohort study.

1. The experimental study

The experimental study combined a detailed evaluation of cognitive functions, in particular attentional abilities and inhibition processes, with a measurement of driving skill under real conditions. It aims to permit an analysis of the links between attentional deficits and driving skills.

The participants consisted of twenty subjects who were exposed to attentional deficits and who had been identified as being in the early stages of dementia of the Alzheimer type, twenty subjects who were at risk of developing dementia, and forty control subjects who were not exposed to attentional deficits, and who shared the same age (two within three years), the same gender and the same educational attainment as the first two groups.

The experimental study took place in two phases.

First, the subjects' cognitive performance was evaluated in the neurological department of Bellevue Hospital in Saint-Étienne. Paper and pencil tests (as described in the box on p. 184) and the computerized battery validated by Amieva et al. (2002) were administered in order to test the subjects' attentional processes. Additional information of a general nature was also collected (autonomy, subjective self-appraisal of health, difficulties experienced while driving).

An appraisal of subjects' driving was then conducted with the INRETS-LESCOT instrumented vehicle. This is fitted with cameras that provide footage which is then observed in order to analyze the driving activity (Fig. 1), a system of dual controls (accelerator, brakes, clutch) and a double mirror. The subjects drove in Saint-Étienne with a driving instructor in the vehicle over a 20 kilometre route, which took them between forty and fifty minutes. The route alternated between a section in the city centre and a section in the suburbs, with some driving on an expressway. The subject was allowed a certain amount of time to become accustomed to the vehicle before the evaluation phase. The driving instructor gave the directional instructions to the subject as the vehicle travelled the route. The researcher was on the back seat of the car and filled in an analysis sheet concerning the driving activity in real time. The score obtained by each subject corresponded to the total number of penalty points awarded for such things as lack of visual exploration, failure to obey traffic signs and poor positioning on the carriageway. During each road section without a turn the driver was asked to count the traffic signs on the right-hand side of the road while ignoring those on the left. In some situations the driver was given only a directional instruction and had to decide for him – or herself – what action to take. After the journey, the driving instructor assessed several criteria that related to the driving activity and the safety of the subject's driving.

2. The cohort study

This study was conducted in collaboration with INSERM Unit 593 – Epidemiology, Public Health and Development, which is based in Bordeaux. This team is specialized in the epidemiology of dementia and has validated the computerized battery of neuropsychological tests mentioned above (Amieva et al., 2002). The sample of subjects in the cohort was constituted from the electoral roll. It consisted of a total of one thousand five hundred persons aged between 65 and 85 years, living in Bordeaux and included in the INSERM *Trois Cités* (3C) cohort.

In addition to the collection of general data as in the experimental study and the questionnaires that comply with the objectives of the 3C cohort, subjects also answered a self-administered questionnaire; this included questions about driving and any involvement in road traffic accidents during the last five years. The cognitive level of subjects was also assessed using the paper-and-pencil tests described in the box on page 184. Approximately 18 months later, the battery of computerized tests was given and further data collection was performed; in particular a road safety questionnaire was administered which explored the subjects' exposure to road risk, difficulties experienced when driving and accident involvement as a driver or pedestrian. The purpose of this cohort study being precisely to reveal any links between attentional deficits and accident risk.

3. The SÉROVIE study in brief

The aim of the SÉROVIE study (Road Safety and Ageing), which is funded by the Direction de la sécurité et de la circulation routière (Directorate for Road Safety and Traffic), is to develop a set of tools that can provide a diagnosis of the driving skills and accident risk of elderly persons who are undergoing normal ageing or who are exposed to major attentional deficits. One of the concerns is that when the tool is used in the context of an evaluation procedure it should satisfy certain imperatives as regards time, cost, feasibility and, above all, reliability.

This study has four original features. First, it identified the sub-group of individuals with an *excess risk*, which are those individuals who are likely to develop dementia and persons in the early stages of Alzheimer's disease. The second is that the approach focuses on attentional deficits. This is significant because, according to Duchek et al. (1997), the majority of accidents involving elderly persons are caused by a *lack of attention* and occur in situations where the cognitive demand is high, for example at intersections. We suggest that what is disturbed to some degree in normal ageing and to a greater degree in Alzheimer's disease (even in its early stages) is one component of attention (inhibition processes).

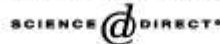
The third strong point of the SÉROVIE project is that it combines the complementary expertise of two teams, one specialized in transport and the other in hospital-based research. The fourth point is the way it combines an experimental study with a cohort study. This dual approach will make it possible to assess the extent to which attentional deficits affect driving skills and accident risk among normal elderly subjects as well as among subjects who are affected by pathological ageing.

Références

- APA, 1987. Diagnostic and Statistical Manual of mental Disorders. Edition III. American Psychiatric Association, Washington DC, États-Unis (DSM-III-R).
- APA, 1994. Diagnostic and Statistical Manual of mental Disorders. Edition IV. American Psychiatric Association, Washington DC, États-Unis (DSM-IV).
- Amieva, H., 2000. Processus de contrôle, mécanismes d'inhibition et maladie d'Alzheimer. Thèse de Sciences biologiques et médicales, Neurosciences et pharmacologie, Université de Bordeaux, 2.
- Amieva, H., Lafont, S., Auriaud, S., Raimille, C., Orgogozo, J.-M., Dartigues, J., Fabrigoule, C., 1998. The analysis of error types in the Trail Making Test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol* 20, 280-285.
- Amieva, H., Lafont, S., Auriaud, S., Le Carret, N., Dartigues, J., Orgogozo, J.-M., Fabrigoule, C., 2002. Inhibitory breakdown and dementia of the Alzheimer Type: a general phenomenon? *J Clin Exp Neuropsychol* 24, 503-516.
- Bull, K., Owsley, C., Staley, B., Roenker, D.L., Sloane, M.E., Graves, M., 1998. Driving avoidance and functional impairment in older drivers. *Accident Analysis & Prevention* 30, 313-322.
- Collie, A., Maruff, P., 2000. The neuropsychology of preclinical Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Neurosci Biobehav Rev* 24, 365-374.
- Collinard, A., Gelin, R., Haxby, E., Ludes, B., Rogier, A., Schmit, D., Sengler, J., 2000. L'âge du conducteur. In: Enjalbert, M., Fattal, C., Thévenon, A. (Eds.), *Conduite automobile et handicap*. Masson, Paris.
- Cooper, P.J., Tallman, K., Tuokko, H., Beattie, B.L., 1993. Vehicle crash involvement and cognitive deficit in older drivers. *Jour Saf Res* 24, 9-17.
- Cashman, L.A., 1996. Cognitive capacity and concurrent driving performance in older drivers. *IAISS research* 20, 38-45.
- Daigneault, G., Joly, P., Frigon, J.Y., 2000. Executive functions in the evaluation of accident risk of older drivers. *J Clin Exp Neuropsychol* 24, 221-238.
- Dartigues, J.-F., Barberger-Gateau, P., Gagnon, M., Commerges, D., Alperovitch, A., Decamps, A., Salamon, R., 1991. PAQUID : étude épidémiologique du vieillissement normal et pathologique. *Revue de Gériatrie* 16, 5-15.
- De Raedt, R., Potjaert-Kristoffersen, I., 2000. Fonctionnement cognitif/neuropsychologique, mécanismes de compensation et conduite automobile des personnes âgées. In: Enjalbert, M., Fattal, C., Thévenon, A. (Eds.), *Conduite automobile et handicap*. Masson, Paris, pp. 135-146.
- Dobbs, R.A., 1997. Evaluating the driving competence of dementia patients. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 11, 8-12.
- Dobbs, R.A., Heller, R.B., Schopflocher, D.A., 1998. Comparative approach to identify unsafe older drivers. *Accident Analysis & Prevention* 30, 363-370.
- Duchman, D.A., Swearer, J.M., 1993. Driving and Alzheimer's disease: The risk of crashes. *Neurology* 43, 2448-2456.
- Dubinsky, R.M., Williamson, A., Gray, C.S., Gian, S.L., 1992. Driving in Alzheimer's disease. *J Am Ger Soc* 40, 1112-1116.
- Duchek, J.M., Hunt, L., Bull, K., Buckles, V., Mooris, J.C., 1997. The role of selective attention in driving and dementia of the Alzheimer type. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 11, 48-56.
- Elliott, M., Grayson, G., 2001. Dementia and Driving. Proceedings of the 9th International conference on the mobility of elderly or disabled people, Varsovie, Pologne 278-287.
- Eustache, F., Desgranges, B., Baron, J.-C., 1999. Les substrats neuronaux des altérations cognitives liées à la maladie d'Alzheimer et au vieillissement normal : Études par tomographie à émission de positons. *Médecine/Sciences* 15, 467-474.
- Favre, A., 2000. Les déficits attentionnels liés au vieillissement : le cas des conducteurs d'automobile atteints de la maladie d'Alzheimer. DEA de Dimensions cognitives et médiation. Université Lumière Lyon 2.
- Fisher, L.M., Fried, D.M., Corkin, S., 1990. Stroop color-word performances in patients with Alzheimer's disease. *J Clin Exp Neuropsychol* 12, 745-758.
- Finen, L.J., Penryman, K.M., Wilkinson, C.J., Little, R.J., Burns, M.M., Pachana, M., Mervin, J.R., Malmgren, R., Siembieda, D.W., Ganzell, S., 1995. Alzheimer and vascular dementias and driving. *J. Amer. Med. Assoc.* 27, 1360-1365.
- Folstein, M., Folstein, S., McHugh, P., 1975. Mini Mental State: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 12, 189-198.
- Fox, G.K., Bowden, S.C., Bashford, G.M., Smith, D.S., 1997. Alzheimer's disease and driving: prediction assessment of driving performances. *Am Geriatr Soc* 45, 949-953.
- Friedland, R.P., Koss, E., Kumar, A., Gaine, S., Metzler, D., Haxby, J.V., Moore, A., 1988. Motor vehicle crashes in dementia of the Alzheimer Type. *Ann Neurol* 24, 782-786.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., Haxby, J.V., 1989. Covert attentional shifts and cerebral metabolism in Alzheimer's disease and normal aging. *Soc Neurosci Abstr* 15, 863.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., Haxby, J.V., 1991. Shifts and visual attention in mild and moderate Alzheimer's disease. *J Clin Exp Neuropsychol* 13, 69-70.
- Hakamies-Blomqvist, L., 1996. Research on older drivers: a review. *IAISS research* 20, 91-101.

- Haskell, L., Zacks, R.T., 1988. Working memory, comprehension and aging: a review and a new view. In: Bower, G.H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 22. Academic Press, New York, États-Unis, pp. 193-225.
- Hjorthol, R., Sagberg, F., 1998. Transport et vieillissement de la population. Les changements dans les modes de déplacement des personnes âgées. Conférence CEMT.
- Huang, C., Waldlund, L.O., Dierks, T., Jutin, P., Winblad, B., Jelic, V., 2000. Discrimination of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment by equivalent EEG sources: a cross-sectional and longitudinal study. *Clin Neurophysiol* 111, 1961-1967.
- Hunt, L.A., Morris, J.C., Edwards, D., Wilson, B.S., 1993. Driving performance in persons with mild senile dementia of the Alzheimer type. *J Am Ger Soc* 41, 747-753.
- Hunt, L., Murphy, C.F., Carr, D., Daebeek, J.M., Buckles, V., Morris, J.C., 1997. Reliability of the Washington University Road Test: a performance based assessment for drivers with dementia of the Alzheimer type. *Arch Neurol* 54, 707-712.
- Janke, M.K., Winter Hensch, S., 1997. Assessing the older driver. Pilot studies Final technical report 10/93-8/97 Washington DC, États-Unis.
- Janke, M.K., Eberhard, J.W., 1998. Assessing medically impaired older drivers in a licensing agency setting. *Accident Analysis & Prevention* 30, 347-361.
- Johansson, K., Bogdanovsk, N., Kalimo, H., Winblad, B., Vitanen, M., 1997. Alzheimer's disease and apolipoprotein E ϵ 4 allele in older drivers who died in automobile accidents. *Lancet* 349, 1143-1144.
- Katz, S., 1983. Assessing self maintenance: Activities of Daily Living, mobility, and instrumental activities of daily living. *J Am Ger Soc* 31, 721-727.
- Kramer, A.F., Humphrey, D.G., Laish, J.F., Logan, G.D., Strayer, D.L., 1994. Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychol Aging* 9, 491-512.
- Lafont, S., Amieva, H., Marin-Lamellet, C., Thomas-Antérion, C., Lammou, B., Fabrigoule, C., 2002. SÉROVIE - Sécurité Routière et Vieillessement : premiers résultats d'une étude interdisciplinaire. Vingt-cinquième congrès de l'Association des Épidémiologistes de Langue Française, Toulouse, France.
- Lawton, M., Brody, E., 1969. Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* 9, 179-186.
- Lowe, D.G., 1985. Further investigations of inhibitory mechanisms in attention. *Mem Cognit* 13, 74-80.
- Landberg, C., Hakamies-Blomqvist, L., Almqvist, O., Johansson, K., 1998. Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. *Accident Analysis & Prevention* 30, 371-377.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzmann Price, D., Stadlan, E.M., 1984. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease. Report of the NINCDS-ADRDA work group under the auspices of the department of health and human services task force on Alzheimer's disease. *Neurology* 34, 939-944.
- McKnight, A.J., McKnight, A.S., 1999. Multivariate analysis of age related driver ability and performance deficits. *Accident Analysis & Prevention* 31, 445-454.
- Marin-Lamellet, C., Favre, A., Lafont, S., 2000. Déficits attentionnels et capacité de conduite automobile dans le vieillissement normal et pathologique. Vingt-quatrième Congrès de l'Association des Épidémiologistes de Langue Française, Lyon, France.
- Marzulli, R.A., Richardson, E.D., 1998. Confidence in, and self rating of, driving ability among older drivers. *Accident Analysis & Prevention* 30, 331-336.
- Mechon, J.A., 1985. A critical view of driver behaviour models. What do we know, what should we do? In: Evans, L., Schwab, R. (Eds.), *Human behaviour and traffic safety*. Plenum Press, New York, États-Unis.
- OCDE, 2001. Vieillessement et transport : Conciliation mobilité et sécurité. Rapport OCDE, Paris.
- Pasarsiraman, R., Nestor, P.G., 1991. Attention and driving skills in aging and Alzheimer disease. *Hum Factors* 33, 539-557.
- Park, D.C., 1999. The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. In: Park, D., Schwarz, N. (Eds.), *Cognitive Aging*. Philadelphia, États-Unis.
- Parke, D.C., McDonald, L., Rabbit, P., Sutcliffe, P., 2000. Elderly drivers and their accidents: the Aging Driver Questionnaire. *Accident Analysis & Prevention* 32, 751-759.
- Ranney, T.A., 1994. Models of driving behaviour: a review of their evolution. *Accident Analysis & Prevention* 26 (6), 733-750.
- Rimmlé, P., Hakamies-Blomqvist, L., 2002. Older drivers' aberrant driving behaviour, impaired activity, and health as reasons for self-imposed driving limitations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 5, 345-360.
- Rizzo, M., Reinach, S., McGehee, D., Dawson, J., 1997. Simulated car crashes and crash predictors in drivers with Alzheimer disease? *Arch Neurol* 54, 545-551.
- Rizzo, M., McGehee, D., Dawson, J., Anderson, S.N., 2001. Simulated car crashes at intersections in drivers with Alzheimer disease. *Alzheimer Disease and Association* 15, 10-20.
- Staplin, L., Lococo, K.H., Stewart, J., Decina, L.E., 1998. Safe mobility for older people notebook. Rapport du Department of Transport, Washington DC, États-Unis.
- Tipper, S.P., 1985. The negative priming effect: inhibitory priming by ignored objects. *Q J Exp Psychol* 37A, 571-590.
- Tuokko, H., Tallman, K., Beattie, B.L., Cooper, P., Weir, J., 1995. An examination of the driving records in a dementia clinic. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 50, 173-181.

[A24]

Available online at www.sciencedirect.com

Recherche Transports Sécurité 79 (2003) 121–133

www.elsevier.com/locate/rtstr

Vieillesse et gravité des atteintes lésionnelles des victimes d'accident de la circulation routière

Ageing and injury severity among road traffic accident victims

Sylviane Lafont *, Bernard Laumon

Unité mixte de recherche épidémiologique Transport travail environnement INRETS-UCBL, Case 24, 69675 Bron cedex, France

Reçu le 25 septembre 2002 ; accepté le 13 mars 2003

Résumé

Nous proposons, à partir du registre des victimes d'accidents de la circulation routière du département du Rhône, d'étudier, en fonction de l'âge, le risque d'être gravement blessé sans décéder de ses blessures et le risque d'être tué, puis de décrire les lésions qui expliquent la gravité de ces atteintes. Deux catégories d'usagers sont étudiées : les automobilistes et les piétons. Une victime est gravement blessée, si elle présente un tableau lésionnel dont le score de gravité NISS est supérieur ou égal à neuf. L'analyse des données met en évidence un risque croissant avec l'âge d'être gravement blessé ou de décéder des suites de ses blessures et ce, pour les deux catégories d'usagers étudiées. La nature et la localisation des lésions en cause diffèrent selon l'âge et le sexe des victimes. Lorsqu'elles sont gravement blessées, les femmes piétons âgées présentent une grande fragilité du fémur (et de son col) et de tout le membre supérieur. Les hommes piétons âgés sont essentiellement exposés à des fractures du col du fémur. Chez les automobilistes, la plus grande vulnérabilité des âgés gravement blessés se traduit par des lésions au thorax, expliquées en partie par le port de la ceinture de sécurité. En ce qui concerne les causes possibles de décès, les lésions graves à la tête constituent la première cause de mortalité des piétons, quel que soit leur âge, mais aussi celle des jeunes automobilistes. Après cinquante ans, les automobilistes sont plus fréquemment gravement blessés au thorax. Ces résultats ne doivent toutefois pas masquer les différences observées en population générale pour les deux critères de gravité analysés, atteinte grave et décès. La mortalité (taux rapporté à la population générale) est en effet maximale chez les jeunes automobilistes, alors que la létalité que nous avons en réalité traitée ici (taux de mortalité parmi les blessés) est, pour sa part, maximale chez les plus âgés. Chez les piétons, mortalité et létalité augmentent toutes deux avec l'âge. Ces résultats sont transposables au risque d'être gravement blessé. Ils justifient la poursuite d'une recherche en sécurité secondaire sur le développement de systèmes de protection adaptés aux caractéristiques des automobilistes. Par ailleurs, ils doivent contribuer à sensibiliser chacun à la vulnérabilité des piétons et conforter les efforts de prévention, en particulier vis-à-vis des personnes âgées.

© 2003 INRETS. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

This study uses the road traffic accident casualty register for the Rhône Département to investigate how the risk of severe or fatal injury varies according to age and to describe the injuries that explain the severity. Two groups of road users are investigated, car occupants and pedestrians. A NISS score of nine or over is taken to indicate a severe injury. Data analysis reveals that, for both groups, the risk of severe or fatal injury increases with age. The nature and location of the injuries depend on the age and sex of the victims. With regard to severe injuries, elderly female pedestrians are susceptible to fractures of the femur (and the femoral neck) and all parts of the upper limbs. Elderly male pedestrians are mainly exposed to fractures of the femoral neck. The greater vulnerability of severely injured elderly drivers results in thoracic injuries, which are partly explained by seat-belt wearing. The main cause of death, for pedestrians of all ages and young drivers is severe head injuries. Car occupants over the age of fifty more frequently suffer from severe thoracic injuries. These findings should not, however, be allowed to conceal the differences observed in the general population for the two severity criteria we have analyzed (severe injury or death). Mortality (in relation to the general population) is highest for young car occupants, while lethality (the fatality rate amongst those injured) is highest among the elderly. For pedestrians, both mortality and lethality increase with age. These findings are also applicable to the risk of severe injury. They justify the continuation of passive safety research in order to develop protection systems that are appropriate for the

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : sylviane.lafont@inrets.fr (S. Lafont).

characteristics of car occupants. Furthermore, they should help to increase everybody's awareness of the vulnerability of pedestrians and stimulate the introduction of preventive measures, particularly for seniors.

© 2003 INRETS. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Épidémiologie ; Accidents de la route ; Victimes ; Lésions ; Vieillesse

Keywords : Epidemiology ; Road traffic accident ; Casualties ; Injury ; Ageing

1. Introduction

Diminuer l'insécurité routière suppose une réduction non seulement du nombre de tués, mais aussi du nombre de blessés graves. Cela implique une connaissance précise de la nature, du nombre et de la gravité des divers traumatismes observés. Les données nationales sur l'incidence de la mortalité par accident de la circulation routière montrent que deux classes d'âge, les jeunes adultes et les plus âgés, sont très touchés et vraisemblablement pour des raisons différentes (ONISR, 2001). L'intérêt actuel porté aux plus âgés s'explique par une augmentation prévisible dans les prochaines décennies du nombre de personnes âgées exposées au risque routier, en raison principalement de l'allongement de l'espérance de vie, de la structure de la pyramide des âges (OCDE, 2001), ainsi que de la mobilité croissante des personnes âgées, liée à l'augmentation générale du trafic routier (Fontaine et Hubert, 1997).

Pour décrire la vulnérabilité des plus âgés, c'est très souvent la mortalité par accident de la circulation routière qui est étudiée. Deux approches complémentaires, l'une descriptive et l'autre explicative sont généralement mises en œuvre. Dans l'approche descriptive, les auteurs proposent des taux de mortalité bruts ou rapportés à la population (taux d'incidences) ou encore rapportés à des distances parcourues (Li et al., 2003), (Sjögren et al., 1992 et 1993), (McCoy et al., 1989), (Dellinger et al., 2002), (Evans, 1987). La seconde approche, explicative, permet d'exprimer des risques de décès par rapport à une classe de référence ou des rapports d'incidences (Valent et al., 2002), (Evans, 1988 et 2000), (Wong, 1987). Les deux méthodes sont également employées pour exprimer des taux d'impliqués dans un accident mortel, taux bruts ou ajustés (Evans, 1987), (Massie et Williams, 1993), (Dellinger et al., 2002) ou des risques d'être impliqué (Massie et al., 1997). C'est parmi les jeunes automobilistes que sont observés les taux et les risques de mortalité, bruts ou ajustés, les plus élevés, dès lors qu'ils sont rapportés à la population générale. Ces taux diminuent dans la classe d'âge intermédiaire et amorcent une remontée chez les plus âgés.

Plus rarement, la vulnérabilité des personnes âgées est étudiée en termes de gravité, les critères retenus variant selon la disponibilité ou non d'une description des lésions. Lorsque le recueil de données est issu des forces de l'ordre, le critère de gravité le plus fréquemment retenu est la durée d'hospitalisation, seul paramètre disponible (Travis et al., 2001), (ONISR, 2001). C'est seulement lorsque les informations sont

issues d'un recueil médical que l'on peut construire un critère de gravité fondé sur la description des lésions. Ces dernières, multiples pour certaines victimes, peuvent être décrites sous des formes très diverses, puisqu'on peut s'intéresser à la fois à la gravité d'une lésion isolée, à sa localisation, ou encore à l'ensemble des lésions (PREDIT, 2002). Malgré la diversité des indicateurs de gravité utilisés et en considérant cette fois-ci uniquement la population des victimes de la circulation routière, les auteurs retrouvent des risques d'atteinte grave et des risques de décès qui augmentent fortement avec l'âge (McCoy et al., 1989), (Sjögren et al., 1992), (Cirera et al., 1998), (PREDIT, 2002).

Notons que, dans la plupart des études, on ne fait qu'approcher les conséquences du vieillissement en étudiant l'effet de l'âge sur un facteur donné. On fait l'hypothèse de l'absence d'un effet cohorte, c'est-à-dire que les personnes âgées d'aujourd'hui sont supposées présenter les mêmes caractéristiques que les personnes âgées de demain. Seul un suivi à long terme permettrait une réelle prise en compte des effets du vieillissement.

Nous proposons, à partir du registre des victimes d'accidents de la circulation routière mis en place en France dans le département du Rhône, de confirmer le surrisque des plus âgés retrouvé dans la littérature, puis de spécifier les lésions qui expliquent cette surgravité des atteintes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Population d'étude et échantillon

Le registre des victimes d'accident de la route dans le département du Rhône fonctionne depuis 1995 (Laumon et al., 1997), (Laumon et Martin, 2002), (Charnay et Laumon, 2002). Il repose sur un recueil des données médicales à partir de tous les services de soins susceptibles de prendre en charge ce type de victimes. Toute personne impliquée dans un accident de la circulation routière et présentant une blessure nécessitant au moins une consultation médicale est incluse dans ce registre. Entre 1995 et 2000, 62 022 victimes ont été recensées.

Une description de l'ensemble des lésions est recueillie, ainsi que des renseignements sur la victime et sur l'accident. L'étude concerne les deux catégories d'usagers dans lesquelles les personnes âgées sont le plus représentées, les automobilistes et les piétons. Compte tenu de l'intérêt particulier que nous portons aux victimes âgées, il paraît important de souligner qu'une chute sur la voie publique, sans heurt avec un

véhicule, motorisé ou non, n'est pas comptabilisée dans les accidents de la circulation, mais dans ceux de la vie courante.

2.2. Deux critères de gravité, l'atteinte grave et le décès

Les données médicales sont codées selon la classification AIS90 (Abbreviated Injury Scale) (AAAM, 1990). Développée initialement par les accidentologues, cette classification a par la suite intégré les blessures survenant dans des circonstances autres que les accidents de la circulation, conduisant ainsi à un usage élargi à l'ensemble des recherches traumatologiques (Hirsch et Eppinger, 1984). L'AIS est maintenant universellement accepté en tant que base des échelles de sévérité des blessures.

Sa construction repose sur les principes suivants : un code est affecté à chaque blessure, quelle que soit la personne, et ce, indépendamment de paramètres physiologiques ; les valeurs de l'AIS quantifient la gravité immédiate des blessures et non la conséquence de celles-ci ; enfin certains facteurs, tels que le risque fatal, la certitude du diagnostic, la durée, la complexité et l'efficacité attendue de la récupération avec ou sans thérapie, sont pris en compte. À chaque blessure est associé un niveau de sévérité sur une échelle allant de 1 (blessure mineure) à 6 (au-delà de toute ressource thérapeutique). L'ensemble des blessures est réparti sur neuf territoires corporels.

Pour prendre en compte les polytraumatisés, un score global de sévérité des lésions est calculé ; nous avons choisi ici le New Injury Severity Score (NISS), qui est égal à la somme des carrés des trois lésions d'AIS le plus élevé, quelle que soit la localisation de ces lésions (Osler et al., 1997), (Baker et al., 1974), (Bull, 1978 et 1982). Nous avons fait le choix de ce calcul plutôt que celui du score calculé sur les AIS maximum de trois territoires corporels différents afin de rendre compte d'une éventuelle fragilité dépendant de l'âge sur un même territoire corporel. Ce score varie de 1 à 75, puisque, par convention, si une lésion est codée AIS 6 (fatale), le score est arbitrairement fixé à 75. Dans cette étude, les blessés graves (ou l'atteinte grave) sont définis par un score de gravité NISS supérieur ou égal à 9 (noté NISS 9+). Pour atteindre ce seuil, la victime présente au minimum une lésion AIS 3 ou la combinaison de deux lésions AIS 2 et d'une lésion AIS 1 (sur le même territoire corporel ou sur des territoires corporels différents).

Le second critère étudié est la mortalité parmi les blessés, quel que soit le délai de survenue du décès, y compris au-delà de six jours. Il s'agit en fait de létalité, au sens médical du terme.

2.3. Tableaux lésionnels

Les descriptions des lésions des blessés graves et des décédés répondent à des logiques différentes : on peut considérer que la connaissance des lésions des blessés graves répond plutôt à un enjeu pronostique et celle des tués plutôt à un enjeu étiologique. Pour les blessés graves, nous avons étudié, parmi l'ensemble des tableaux lésionnels contribuant

à cette gravité, ceux qui étaient les plus fréquents, c'est-à-dire présents pour au moins 5 % des blessés graves. Pour les victimes décédées, quatre régions corporelles sont susceptibles d'entraîner la mort : la région tête-face-cou, le thorax, l'abdomen et la colonne vertébrale. Exceptée une lésion des membres inférieurs d'AIS 5 (hématome rétro-péritonéal avec perte de sang supérieure à 20 % en volume), les autres lésions aux membres supérieurs et inférieurs ne mettent pas en jeu le pronostic vital. Ainsi les lésions présentes pour au moins 5 % des victimes décédées sont étudiées selon ces quatre régions prises une à une, puis en association. Les victimes décédées sans description de lésions (aucune prise en charge sanitaire) sont exclues de cette dernière analyse.

2.4. Caractéristiques des victimes et de l'accident

Deux caractéristiques de la victime sont étudiées, le sexe et l'âge réparti en trois classes (18 à 49 ans, 50 à 69 ans et 70 ans et plus). Pour caractériser l'accident, le réseau routier est étudié en trois classes pour les victimes automobilistes (agglomération, route nationale ou départementale, autoroute). Pour les victimes piétons, les deux classes route nationale ou départementale d'un côté et autoroute de l'autre ont été regroupées. La notification de l'heure et de la date de survenue de l'accident a permis de générer une variable caractérisant la période de l'accident (jour/nuit). Chez les automobilistes, le type d'antagoniste est présenté en quatre classes : un véhicule léger (motorisé ou non, comprenant également les rollers et les piétons), aucun antagoniste, un véhicule lourd et un obstacle fixe. Pour les piétons, l'antagoniste est présenté en deux classes : un véhicule léger (motorisé ou non) et un véhicule lourd (regroupant les véhicules utilitaires, poids lourds, cars-bus, trains-tramways et tracteurs). Le port ou non de la ceinture de sécurité est également pris en compte, ainsi que la place occupée dans le véhicule (conducteur ou passager). Pour chacune de ces variables caractérisant l'accident, on observe un taux non négligeable de données manquantes, expliquées principalement par le contexte médical du recueil. Nous avons supposé que ces données manquantes étaient peut-être spécifiques d'un certain type d'accident et par conséquent nous avons conservé les observations correspondantes, en créant pour chaque variable une modalité *donnée manquante*.

2.5. Analyses statistiques

Nous analysons le risque d'être gravement blessé (NISS 9+) et le risque de décès, d'une part chez les victimes piétons, d'autre part chez les victimes automobilistes. L'association de ces risques avec les différentes caractéristiques des victimes et de l'accident est quantifiée par des odds ratios (OR) estimés à partir de modèles de régression logistique (Hosmer et Lemeshow, 1989). L'odds ratio, approximation du risque relatif, mesure le facteur par lequel le risque est multiplié si le sujet présente la caractéristique étudiée. L'absence de relation statistique entre le critère de gravité et cette caractéristique correspond à un odds ratio égal à l'unité. Les estimations

des odds ratios sont données avec un intervalle de confiance à 95 % (la vraie valeur de l'odds ratio à 95 % de chance d'être contenue dans cet intervalle).

Les variables explicatives à n classes ($n > 2$) sont transformées en $(n - 1)$ variables indicatrices dichotomiques afin de respecter le caractère qualitatif des variables. Les odds ratios sont calculés en fonction d'une classe de référence pour chacune des variables : les jeunes adultes de 18 à 49 ans, le sexe féminin, la survenue de l'accident en agglomération, de jour et avec un véhicule léger comme antagoniste. Pour les automobilistes, les autres classes de référence sont le port de la ceinture de sécurité et la place de conducteur dans le véhicule.

Les variables autres que l'âge sont considérées ici comme des facteurs de confusion potentielle. Nous avons par conséquent fait le choix d'ajuster nos modèles sur toutes ces variables. Ainsi toutes les variables, associées au critère de gravité étudié avec un seuil de significativité statistique de 10 % en analyse univariée, ont été retenues dans le modèle multivarié.

Les risques associés aux catégories *données manquantes* n'apparaissent pas dans les tableaux et seules les analyses multivariées sont présentées dans cette étude. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SAS (SAS, 1999).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques de l'échantillon

On dénombre sur les six années de recueil 47 503 victimes adultes, dont 29 571 automobilistes et 3763 piétons (respectivement 62 % et 8 % de l'ensemble des victimes). Ces proportions varient selon la classe d'âge considérée : 63 % des 18-49 ans du registre sont des automobilistes, 64 % des 50-69 ans et 50 % des 70 ans et plus. Les proportions de piétons sont respectivement dans les trois classes d'âge de 5 %, 14 % et 36 %. Ainsi, en sélectionnant ces deux catégories d'usagers, automobilistes et piétons, on inclut 86 % des victimes de 70 ans et plus du registre. Le *Tableau 1* présente les proportions de blessés graves et de décédés pour chacune des caractéristiques de la victime et de l'accident. Au total, 733 piétons et 1772 automobilistes adultes sont gravement blessés avec respectivement 71 % et 67 % de victimes présentant au moins une lésion AIS 3+. Les effectifs de décédés sont respectivement de 144 et 367, soit un décédé pour cinq blessés graves, chez les piétons comme chez les automobilistes. On note toutefois une différence entre les deux catégories d'usagers chez les plus jeunes : un tué pour huit blessés graves chez les piétons de 18 à 49 ans, contre un pour cinq chez les automobilistes du même âge. Au fil des âges, la différence s'atténue : un tué pour cinq blessés graves chez les piétons de 50 à 69 ans et un pour quatre chez les automobilistes ; enfin un tué pour trois blessés graves, dans les deux catégories d'usagers, chez les plus âgés.

3.2. Vieillesse et risque d'être gravement blessé

En analyse univariée, le risque d'être gravement blessé augmente avec l'âge et le sexe masculin dans les deux catégories d'usagers. Toutes les variables d'ajustement sont également associées au risque d'être gravement blessé. Nous avons testé toutes les interactions d'ordre un, entre l'âge et les différents facteurs d'ajustement, ainsi qu'entre le sexe et ces mêmes facteurs. Seule l'interaction âge et sexe ajustée sur les autres facteurs est significative, aussi bien chez les piétons que chez les automobilistes. Par conséquent les deux modèles multivariés (*Tableau 2*) mettent en évidence une évolution du risque d'atteinte grave avec l'âge différente chez les hommes et chez les femmes. Présentant le taux d'atteinte grave le plus faible, les femmes de 18 à 49 ans sont choisies comme classe de référence vis-à-vis de toutes les autres victimes.

Dans l'analyse multivariée, les hommes jeunes, piétons ou automobilistes, ont un risque d'être gravement blessé presque deux fois supérieur à celui des femmes du même âge. Ensuite, l'effet de l'âge augmente pour les deux sexes et ceci indépendamment des caractéristiques de l'accident, également associées à la gravité. Deux nuances sont toutefois à noter chez les plus âgés : les femmes piétons, qui ont un risque très élevé d'être gravement blessées, et les hommes automobilistes, qui pour leur part ne semblent pas plus vulnérables que ceux de 50-69 ans.

3.3. Nombre et type de territoires atteints chez les blessés graves

Un peu plus de la moitié des piétons gravement blessés présente un seul territoire corporel atteint par une lésion AIS 3+ ou plusieurs lésions AIS 2, sur les neuf territoires définis dans l'AIS (*Tableau 3*). Un tiers présente des lésions sur deux territoires, 12 % sur trois territoires et enfin 4 % sur quatre territoires ou plus. Ces proportions sont relativement stables selon les trois classes d'âge, même si on observe une légère tendance, non significative, chez les plus âgés à présenter plus fréquemment un seul territoire atteint. La blessure la plus fréquente chez le piéton est la fracture des membres inférieurs sans blessure sur un autre territoire et sa proportion augmente chez les plus âgés. De l'ordre de 12 % toutes classes d'âge confondues, les fractures des membres supérieurs sans autre territoire atteint arrivent en deuxième position et sont aussi plus fréquentes chez les plus âgés, contrairement aux blessures à la tête qui, elles, sont significativement plus fréquentes chez les jeunes adultes piétons (respectivement dans les trois classes d'âge : 9,8 %, 5,6 %, 3,2 %, $p < 0,009$).

Parmi les automobilistes gravement blessés, 41 % sont blessés sur deux territoires corporels différents, 38 % sur un seul territoire, 15 % sur trois territoires et enfin 6 % sur quatre territoires ou plus. Mais on observe des différences selon la classe d'âge : les plus âgés ont plus souvent un seul territoire corporel atteint, contrairement aux plus jeunes automobilistes. La part de blessures au thorax augmente avec l'âge

Tableau 1
Proportions de blessés graves et de tués pour quelques caractéristiques de la victime et de l'accident

Caractéristiques de la victime et de l'accident	Piétons			Automobilistes			
	Effectif	Pourcentage de blessés graves	Pourcentage de décédés	Effectif	Pourcentage de blessés graves	Pourcentage de décédés	
Total	3763	19,5	3,8	29 571	6,0	1,2	
Âge	18 à 49 ans	2168	14,6	1,8	24 653	5,5	1,1
	50 à 69 ans	859	22,9	4,5	3890	7,5	1,7
	70 ans et plus	736	29,8	8,8	1628	10,9	4,0
Sexe	Femme	1861	18,4	3,3	14 593	4,5	0,7
	Homme	1902	20,5	4,3	14 978	7,5	1,7
Femme	18 à 49 ans	976	10,8	1,0	11 968	3,8	0,6
	50 à 69 ans	410	22,2	4,4	2065	6,3	1,0
	70 ans et plus	475	30,9	7,2	560	12,0	3,2
Homme	18 à 49 ans	1192	17,8	2,5	12 685	7,2	1,5
	50 à 69 ans	449	23,6	4,7	1825	8,8	2,5
	70 ans et plus	261	27,6	11,9	468	9,6	4,9
Réseau (*)	urbain	2860	19,6	3,2	15 356	4,7	0,8
	national et départemental	191	29,3	22,0	3650	12,5	4,1
	autoroutier				4330	6,5	1,7
	donnée manquante	712	15,1	1,5	6235	5,1	0,3
Période	jour	2139	20,3	3,5	15 495	5,2	1,1
	nuit	767	22,8	7,9	7704	9,2	2,1
	donnée manquante	857	14,3	0,8	6372	4,0	0,6
Antagoniste piéton	véhicule léger	3328	18,9	3,2			
	véhicule lourd	371	23,7	8,9			
	donnée manquante	64	25,0	4,7			
Antagoniste automobiliste	véhicule léger				20 435	4,4	0,7
	aucun antagoniste				3601	7,9	1,3
	véhicule lourd				1948	8,7	4,5
	obstacle fixe				2758	12,3	3,0
	donnée manquante				829	10,1	1,6
Ceinture de sécurité	port				21 077	4,7	0,5
	non-port				4012	10,1	2,2
	donnée manquante				4482	8,2	4,0
Place dans le véhicule	conducteur				21 004	5,8	1,3
	passager				7599	6,6	1,2
	donnée manquante				968	5,3	0,6

Registre du Rhône, 1996–2000 : 3763 piétons et 29 571 automobilistes.

Pourcentages rapportés, dans chaque catégorie d'usagers, à 100 % des victimes présentant la même caractéristique. Ex : parmi les victimes piétons, âgées de 18 à 49 ans, 14,6 % survivent à une atteinte grave et 1,8 % décèdent.

(*) Pour les piétons regroupement des deux catégories route nationale-route départementale et autoroute.

($p < 0,001$), alors que celle des blessures à la tête diminue (mais non significativement).

3.4. Vieillesse et localisation des atteintes graves

Chez les femmes piétons, l'augmentation du risque d'être gravement blessé avec l'âge est expliquée par l'atteinte des membres inférieurs (avec ou sans lésion sur un autre territoire) et celle des membres supérieurs (Tableau 4). Plus précisément, le nombre de fractures AIS 3+ du fémur et celui des fractures du col du fémur sont significativement inférieurs chez les moins de 70 ans par rapport aux 70 ans et plus (respectivement 0,6 % et 2,7 % pour les fractures du fémur, $p < 0,001$; 0,3 % et 3,4 % pour les fractures du col du fémur, $p < 0,0001$). Pour les membres supérieurs, toujours chez les femmes piétons, que ce soit la partie haute du membre

(épaule-humérus-coude) ou la partie basse du membre (radius-cubitus-poignet), les deux types de fractures de gravité AIS 3+ sont significativement plus fréquentes chez les plus âgées. Chez les hommes, cette augmentation est essentiellement expliquée par l'atteinte des membres inférieurs et la seule différence observée entre les hommes de moins de 70 ans et ceux de plus de 70 ans est celle des fractures du col du fémur (0,6 % et 5,2 %, $p < 0,0001$).

Pour les femmes comme pour les hommes automobilistes, c'est l'atteinte du thorax qui explique en premier lieu l'effet de l'âge sur le risque d'être gravement blessé : le risque des femmes est multiplié par 5,5 chez les 70 ans et plus par rapport aux plus jeunes et celui des hommes passe de 1,7 chez les jeunes hommes à 5,5 chez les plus âgés. Pour les deux sexes réunis, ce sont aussi bien les fractures du thorax

Tableau 2
Risques ajustés d'être gravement blessé

Caractéristiques de la victime et de l'accident	Piétons		Automobilistes	
	OR	IC95% (*)	OR	IC95%
Femme	18 à 49 ans	1,0	1,0	
	50 à 69 ans	2,6	(1,9-3,5)	1,8 (1,5-2,2)
	70 ans et plus	4,4	(3,3-5,8)	3,6 (2,7-4,8)
Homme	18 à 49 ans	1,8	(1,4-2,3)	1,6 (1,4-1,8)
	50 à 69 ans	2,7	(2,0-3,7)	2,4 (2,0-2,9)
	70 ans et plus	3,9	(2,8-5,6)	2,6 (1,9-3,7)
Réseau (**)	urbain	1,0	1,0	
	national et départemental	2,4	(1,7-3,4)	2,7 (2,4-3,1)
	autoroutier			1,2 (1,1-1,4)
Période	jour	1,0	1,0	
	nuit	1,4	(1,2-1,8)	1,7 (1,5-1,9)
Antagoniste piéton	véhicule léger	1,0		
	véhicule lourd	1,4	(1,1-1,9)	
Antagoniste automobiliste	véhicule léger			1,0
	aucun antagoniste			1,4 (1,2-1,6)
	véhicule lourd			2,0 (1,7-2,4)
	obstacle fixe			2,5 (2,2-2,9)
Ceinture de sécurité	port			1,0
	non-port			2,0 (1,8-2,3)
Place dans le véhicule	conducteur			1,0
	passager			1,1 (0,9-1,2)

Registre du Rhône, 1996-2000 : 3619 piétons et 29 204 automobilistes.

(*) Intervalle de confiance à 95 %.

(**) Pour les piétons regroupement des deux catégories route nationale-route départementale et autoroute.

Tableau 3

Répartition des blessés graves (NISS 9+) selon le nombre et la localisation des territoires corporels présentant des atteintes AIS 2+

Âge	Piétons présentant des lésions AIS 2+			Automobilistes présentant des lésions AIS 2+			
	18 à 49 ans	50 à 69 ans	70 ans et plus	18 à 49 ans	50 à 69 ans	70 ans et plus	
Effectif	317	197	219	1 368	292	112	
sur une seule région (%)	membre inférieur 1	24,3	28,9	31,0	10,2	9,3	12,5
	membre supérieur 2	11,0	9,1	16,0	8,7	10,3	8,9
	tête 3	9,8	5,6	3,2	8,8	7,5	4,5
	thorax 4	1,3	3,6	2,3	4,2	11,0	13,4
	colonne	1,2	0,5	1,4	3,5	2,0	5,3
	autre	1,6	0,0	0,0	1,3	1,4	0,9
	Total	49,2	47,7	53,9	36,7	41,5	45,5
sur deux régions (%)	1+2	5,3	8,6	9,6	3,8	3,4	5,4
	1+3	11,0	7,1	7,8	8,3	2,0	2,7
	1+4	1,3	4,0	1,8	2,1	6,2	5,4
	2+3	7,3	5,1	7,3	7,1	4,5	1,8
	2+4	0,6	2,5	0,0	1,6	5,8	8,9
	3+4	1,6	3,6	2,3	3,4	5,5	8,9
	autre combinaison	6,0	4,6	4,1	15,4	9,9	9,8
Total	33,1	35,5	32,9	41,7	37,3	42,9	
sur trois régions (%)	1+2+3	5,4	5,1	2,3	2,9	0,7	2,7
	autre combinaison	6,9	9,1	7,7	12,6	15,7	8,0
Total	12,3	14,2	10,0	15,5	16,4	10,7	
sur quatre régions et plus (%)	5,4	2,8	3,2	6,1	4,8	0,9	
Total (%)	100	100	100	100	100	100	

Pourcentages rapportés, dans chaque catégorie d'usagers, à 100 % des blessés NISS 9+ d'une classe d'âge donnée. Ex : 28,9 % des piétons âgés de 50 à 69 ans présentent une atteinte grave aux membres inférieurs sans autre territoire gravement atteint.

Tableau 4
Risque relatif d'être gravement blessé (NISS 9+) et gravement atteint dans un territoire corporel donné (AIS 2+), selon l'âge et le sexe

Caractéristiques de la victime	Piétons gravement blessés (*)									
	aux membres inférieurs			aux membres supérieurs			à la tête			
	Effectif	OR	IC95% (**)	Effectif	OR	IC95%	Effectif	OR	IC95%	
Femme	18 à 49 ans	57	1,0		46	1,0		50	1,0	
	50 à 69 ans	63	3,1	(2,1-4,6)	36	2,0	(1,3-3,2)	31	1,6	(1,0-2,6)
	70 ans et plus	87	4,3	(3,0-6,2)	76	4,2	(2,8-6,2)	44	2,2	(1,4-3,4)
Homme	18 à 49 ans	128	2,0	(1,4-2,8)	71	1,3	(0,9-1,9)	104	1,8	(1,3-2,6)
	50 à 69 ans	66	2,9	(2,0-4,3)	37	1,9	(1,2-2,9)	42	2,0	(1,3-3,1)
	70 ans et plus	50	4,8	(3,1-7,2)	18	1,7	(0,9-3,0)	25	2,4	(1,4-4,0)

Caractéristiques de la victime	Automobilistes gravement blessés (***)												
	aux membres inférieurs			aux membres supérieurs			à la tête			au thorax			
	Effectif	OR	IC95%	Effectif	OR	IC95%	Effectif	OR	IC95%	Effectif	OR	IC95%	
Femme	18 à 49 ans	183	1,0		160	1,0		226	1,0		118	1,0	
	50 à 69 ans	42	1,4	(0,9-1,9)	62	2,3	(1,7-3,2)	43	1,2	(0,9-1,7)	63	3,2	(2,3-4,4)
	70 ans et plus	26	3,4	(2,2-5,2)	27	3,6	(2,3-5,5)	19	2,0	(1,2-3,3)	29	5,5	(3,6-8,4)
Homme	18 à 49 ans	390	1,6	(1,4-2,0)	312	1,6	(1,3-1,9)	488	1,6	(1,3-1,9)	251	1,7	(1,4-2,1)
	50 à 69 ans	57	1,9	(1,4-2,6)	46	1,9	(1,4-2,7)	63	1,7	(1,3-2,3)	79	4,4	(3,3-5,9)
	70 ans et plus	14	1,8	(1,0-3,2)	8	1,2	(0,6-2,5)	13	1,3	(0,7-2,4)	25	5,5	(3,5-8,6)

Ex : Les femmes piétons âgées de 70 ans et plus ont un risque 4,3 fois plus élevé que les femmes de 18 à 49 ans de présenter un tableau lésionnel NISS 9+ avec atteinte AIS 2+ aux membres inférieurs.

(*) Ajustés sur le réseau, la période de la journée et le type d'antagoniste.

(**) Intervalle de confiance à 95 %.

(***) Ajustés sur le réseau, la période de la journée, le type d'antagoniste, le port de la ceinture de sécurité et la place dans le véhicule.

que l'atteinte des organes internes qui augmentent avec l'âge : les proportions de fractures AIS 3+ du thorax sont respectivement dans les trois classes d'âge de 0,2 %, 1,1 % et 2,3 % ($p < 0,0001$), celles des lésions des organes internes sont de 0,9 %, 1,2 % et 1,8 % ($p < 0,002$). Contrairement aux hommes, l'atteinte des membres supérieurs et celle des membres inférieurs expliquent également, chez les femmes automobilistes les plus âgées, leur surrisque d'être gravement blessées.

3.5. Vieillesse et risque de mortalité

Les risques bruts de mortalité augmentent fortement avec l'âge chez les piétons : les 50-69 ans présentent un risque de décès 2,8 fois plus élevé que les 18-49 ans avec un intervalle de confiance IC95% de (1,8-4,4), les 70 ans et plus ont eux 6,5 plus de risque de décéder que les plus jeunes avec un intervalle de confiance IC95% de (4,3-9,8). Les hommes ont un risque brut de décès de 1,3 (non significatif) par rapport aux femmes et le test d'interaction entre l'âge et le sexe est non significatif. Toutefois, pour rendre comparables les niveaux de risque pour les deux critères (atteinte grave et décès), nous présentons les modèles multivariés sur le risque de mortalité en créant la même variable que pour les atteintes graves non mortelles, avec comme classe de référence les femmes de 18-49 ans (Tableau 5). Les risques ajustés de décès en fonction de l'âge et du sexe sont plus élevés que les risques bruts, surtout chez les plus âgés. Ce sont en particulier les ajustements sur le réseau et la période de l'accident qui potentialisent l'effet de l'âge. Les hommes jeunes et les plus âgés ont un risque de mortalité supérieur aux femmes.

Chez les automobilistes, les risques bruts de mortalité sont un peu plus faibles que ceux des piétons $OR_{50-69} = 1,6$; $IC95\% = (1,2-2,1)$ et $OR_{70+} = 4,1$; $IC95\% = (3,0-5,8)$, en revanche les hommes ont un risque brut de décès significativement plus élevé que les femmes $OR = 2,4$; $IC95\% = (1,9-3,1)$ et ce, quelle que soit la classe d'âge (test d'interaction entre âge et sexe non significatif). Tout comme pour les piétons, les risques ajustés sont calculés chez les hommes et les femmes selon leur âge (Tableau 5). Les risques ajustés de mortalité sont peu modifiés par rapport aux risques bruts. Ils augmentent avec l'âge, chez les hommes et les femmes, et seuls les hommes les plus âgés ne sont pas plus à risque de décès que les femmes.

3.6. Tableaux lésionnels des tués

Quatre piétons et trente et un automobilistes sont exclus des tableaux lésionnels des victimes décédées, du fait de l'absence de description des lésions dans le registre, absence liée à un transfert direct dans un funérarium. Une région corporelle est gravement atteinte si elle présente au moins une lésion AIS 3+. La zone tête comprend également la face et le cou (Tableau 6).

Quel que soit l'âge des piétons, les atteintes graves limitées à la tête constituent la première cause possible de décès. La seconde cause est variable selon l'âge des victimes : chez les jeunes piétons, ce sont essentiellement les atteintes graves du thorax ; dans la classe d'âge intermédiaire, l'association de lésions graves à la tête et au thorax ; et chez les plus âgés comme les plus jeunes, les atteintes thoraciques graves.

Chez les automobilistes, les résultats sont plus contrastés selon l'âge. La première cause possible de décès des jeunes

Tableau 5
Risques ajustés de mortalité

Caractéristiques de la victime et de l'accident		Piétons (*)		Automobilistes (**)	
		OR	IC95% (****)	OR	IC95%
Femme	18 à 49 ans	1,0		1,0	
	50 à 69 ans	5,8	(2,5-13,3)	1,7	(1,0-2,9)
	70 ans et plus	16,8	(7,7-36,4)	7,2	(4,1-12,7)
Homme	18 à 49 ans	2,7	(1,3-5,8)	1,8	(1,3-2,4)
	50 à 69 ans	5,9	(2,6-13,4)	3,8	(2,5-5,7)
	70 ans et plus	23,5	(10,6-51,9)	7,7	(4,5-13,0)
Réseau (*****)	urbain	1,0		1,0	
	national et départemental	10,7	(6,6-17,5)	5,8	(4,5-7,6)
	autoroutier			1,8	(1,3-2,4)
Période	jour	1,0		1,0	
	nuit	3,4	(2,3-5,1)	2,1	(1,6-2,6)
Antagoniste piéton	véhicule léger	1,0			
	véhicule lourd	3,7	(2,3-6,0)		
Antagoniste automobiliste	véhicule léger			1,0	
	aucun antagoniste			1,2	(0,8-1,6)
	véhicule lourd			6,4	(4,8-8,6)
	obstacle fixe			3,5	(2,6-4,7)
Ceinture de sécurité	port			1,0	
	non-port			5,1	(3,7-6,9)
Place dans le véhicule	conducteur			1,0	
	passager			0,8	(0,6-1,0)

Registre du Rhône, 1996-2000 : 5050 piétons et 27 799 automobilistes.

(*) Ajustés sur le réseau, la période de la journée et le type d'antagoniste.

(**) Ajustés sur le réseau, la période de la journée, le type d'antagoniste, le port de la ceinture de sécurité et la place dans le véhicule.

(****) Intervalle de confiance à 95 %.

(*****) Pour les piétons regroupement des deux catégories route nationale-route départementale et autoroute.

Tableau 6
Localisation des lésions susceptibles d'entraîner le décès

Âge	Piétons présentant des lésions			Automobilistes présentant des lésions			
	18 à 49 ans	50 à 69 ans	70 ans et plus	18 à 49 ans	50 à 69 ans	70 ans et plus	
Effectif	38	39	62	241	59	36	
AIS 3+ sur une seule région (%)	tête-face-cou	1 47,4	43,6	51,6	38,2	72,0	22,2
	thorax	2 28,9	12,8	19,4	29,1	39,0	41,7
	abdomen	3 2,6	5,1	6,4	3,7	5,1	2,8
	colonne	0,0	2,6	0,0	2,1	1,7	0,0
	Total	78,9	64,1	77,4	73,1	67,8	66,7
AIS 3+ sur deux régions (%)	1+2	5,3	17,9	12,9	9,5	11,8	22,2
	1+3	5,3	5,1	0,0	3,7	0,0	0,0
	autre combinaison	10,5	10,3	9,7	11,2	11,9	8,3
	Total	21,1	33,3	22,6	24,4	23,7	30,5
AIS 1+ ou AIS 2+	0,0	2,6	0,0	2,5	8,5	2,8	
Total	100	100	100	100	100	100	

Les victimes décédées de chaque classe d'âge sont réparties selon le nombre et le type de régions corporelles gravement atteintes (au moins une lésion AIS 3+).

automobilistes est l'atteinte grave limitée à la tête, alors que celle de leurs aînés (dès la classe d'âge intermédiaire) est l'atteinte grave limitée à la région thoracique. Inversement, la seconde cause possible de décès des jeunes est l'atteinte grave du thorax et celle des deux autres classes d'âge, la blessure grave à la tête. Une particularité toutefois chez les plus âgés : on observe autant d'atteintes limitées à la tête que d'atteintes concomitantes du thorax et de la tête.

À noter également que les quelques décès associés à des gravités AIS 1 ou AIS 2 s'expliquent par des tableaux lésionnels incomplètement décrits.

4. Discussion

4.1. Recueil différentiel des blessés légers

Bien que les données de l'étude soient extraites d'un registre de victimes dont la principale caractéristique est la recherche de l'exhaustivité dans le recueil des blessés graves comme légers, il est possible, comme le suggèrent Claret et al. (2003), que les jeunes adultes, et en particulier les hommes, aient moins recours à un service de soins pour une blessure légère que les victimes plus âgées. Un tel biais conduirait ici à surestimer le risque d'atteinte grave des

jeunes victimes. Cela ne ferait que renforcer le gradient de gravité observé avec l'âge.

4.2. Données manquantes

Certaines caractéristiques du sujet ou de l'accident sont inconnues dans une proportion non négligeable et le choix de créer une modalité pour conserver les observations correspondantes peut être contesté. Cependant, si on restreint l'échantillon aux sujets pour lesquels on dispose de l'ensemble de l'information (16 433 automobilistes et 2610 piétons), les résultats sont peu modifiés et conduisent aux mêmes conclusions.

4.3. Choix de l'indicateur de gravité

Nous avons choisi l'échelle AIS pour la description des lésions et un seuil à 9 pour le score NISS, somme des carrés des trois lésions d'AIS maximum, quelle que soit leur localisation. Ce seuil correspond dans les deux tiers des cas à la présence d'au moins une lésion AIS 3 et pour le tiers restant à des associations d'au moins deux lésions AIS 2 et une lésion AIS 1 sur un même territoire ou sur un territoire différent. Un autre score est très souvent utilisé en traumatologie, il correspond à la somme des carrés des trois lésions d'AIS maximum sur trois territoires corporels différents (ISS) et les seuils suivants sont utilisés (ISS 4+, ISS 9+, ISS 12+). Ils correspondent dans le premier cas à la présence d'au moins une lésion AIS 2 (gravité modérée) et dans le dernier cas à l'association sur deux territoires corporels différents d'une lésion AIS 2 et d'une lésion AIS 3 ou à la présence d'une lésion AIS 4 (gravité sévère). Dans la mesure où nous étudions en parallèle la mortalité, nous avons opté pour un seuil de gravité intermédiaire, suffisamment grave pour nécessiter une hospitalisation (le seul NISS 9+ inclut par exemple toutes les fractures ouvertes).

4.4. Vulnérabilité liée au vieillissement

Quel que soit l'indicateur de gravité étudié, blessure grave ou décès, cette étude confirme les résultats obtenus par d'autres auteurs sur la vulnérabilité des personnes âgées (Valent et al., 2002), (Evans, 1988), (Wong, 1987), (Cicera et al., 1998). Ce surrisque serait lié à une plus grande fragilité anatomique, à une différence d'exposition au risque, mais aussi à des configurations d'accident différentes. Cirera montre que, même avec un critère de gravité moins sévère (ISS 4+), les victimes âgées de 65 ans et plus présentent un risque de blessure 1,6 fois plus élevé que les victimes âgées de 1 à 13 ans et ce, toutes catégories d'usagers confondues. Il faut toutefois rappeler que les risques calculés ici sont rapportés à une population de victimes et non à la population générale. Avec une telle référence en population, les jeunes automobilistes présentent les taux d'accidents corporels et mortels les plus élevés (PREDIT, 2002), (ONISR, 2001). En revanche, chez les piétons, même rapportés à la population générale, les taux d'accidents corporels et mortels augmentent avec l'âge.

4.5. Spécificités lésionnelles des blessés graves

McCoy, Johnston et Duthie (1989) montraient dans leur étude que les piétons âgés de plus de 65 ans présentaient à la fois plus de lésions AIS 2+ aux membres inférieurs que la classe d'âge des 15-30 ans (40 % vs 20 %), mais aussi plus de lésions à la tête (23 % vs 13 %). Nous retrouvons ces résultats pour l'atteinte des membres inférieurs, mais nous observons l'inverse pour les lésions à la tête, à savoir que, dans notre étude, elles semblent être plutôt spécifiques des jeunes adultes. Chez les automobilistes, McCoy retrouve une distribution des lésions identique dans toutes les classes d'âge, mais avec une différence de gravité. L'auteur identifie une seule exception sur les fractures du sternum plus fréquentes chez les plus âgés (11 % vs 1,5 %). Dans notre étude, la proportion de lésions au thorax augmente aussi significativement avec l'âge et la proportion de lésions à la tête diminue, bien que de façon non significative. Les différences observées entre les deux études sont essentiellement liées au choix de la population d'étude ; McCoy inclut les décédés dans son étude des blessures, alors que nous avons isolé les deux sous-populations, celle des blessés graves et celle des tués.

4.6. Spécificités lésionnelles des tués

Toutes classes d'âge confondues, nos résultats sont en accord avec ceux de Sjögren (1992 et 1993), qui montre que les lésions à la tête constituent la première cause de mortalité des piétons (75 % des sujets décédés présentaient une lésion AIS 3+), la seconde cause étant les lésions au thorax (64 %). Inversement, chez les automobilistes, ce sont les lésions au thorax qui constituent la première cause de décès (88 % des sujets présentaient une lésion AIS 3+), les lésions à la tête étant la seconde cause de décès (45 %). Nous retrouvons, comme Sjögren, une diminution des lésions à la tête lorsque l'âge de la victime augmente et une augmentation des lésions au thorax.

5. Conclusion

L'analyse des données du registre des victimes d'accident de la circulation dans le département du Rhône met en évidence un risque, croissant avec l'âge, d'être gravement blessé ou de décéder des suites de ses blessures. La nature et la localisation des lésions en cause diffèrent selon l'âge et le sexe des victimes. Lorsqu'elles sont gravement blessées, les femmes piétons âgées présentent une grande fragilité du fémur (et de son col) et de tout le membre supérieur. Les hommes piétons âgés sont essentiellement exposés à des fractures du col du fémur. Chez les automobilistes, la plus grande vulnérabilité des âgés gravement blessés se traduit par des lésions au thorax expliquées en partie par le port de la ceinture de sécurité. Il ne faut cependant pas oublier que l'absence de ceinture aurait entraîné un bilan lésionnel certainement plus grave.

En ce qui concerne les causes possibles de décès, les lésions graves à la tête constituent la première cause de mortalité des piétons quel que soit leur âge, ainsi que des jeunes automobilistes. Après 50 ans, les automobilistes sont plus fréquemment gravement blessés au thorax.

Ces résultats ne doivent toutefois pas masquer les différences observées en population générale pour les deux critères de gravité analysés, atteinte grave et décès. La mortalité (taux rapporté à la population générale) est en effet maximale chez les jeunes automobilistes, alors que la létalité que nous avens en réalité traitée ici (taux de mortalité parmi les blessés) est, elle, maximale chez les plus âgés. Chez les piétons, mortalité et létalité augmentent toutes deux avec l'âge. Les résultats précédents sont transposables au risque d'être gravement blessé.

De tels résultats justifient la poursuite d'une recherche en sécurité secondaire sur le développement de systèmes de protection adaptés aux caractéristiques des automobilistes. Par ailleurs, ils doivent contribuer à sensibiliser chacun à la vulnérabilité des piétons et conforter les efforts de prévention, en particulier vis-à-vis des personnes âgées.

Abridged version

This study uses the road traffic accident casualty register for the Rhône Département to investigate how the risk of severe or fatal injury varies according to age and to describe the injuries that explain the severity. Precise knowledge of the nature, number and severity of the traumas is necessary for the progress of road safety research with a view to reducing the number of fatalities and severe injuries.

1. Materials and method

1.1. Population

The French Département of the Rhône has possessed a traffic accident casualty register, based on the collection of medical data, since 1995. This register includes all road traffic accident victims with injuries requiring at least one medical consultation. Two groups of road users were selected: car occupants and pedestrians.

1.2. Severity criteria

The medical data were coded using the AIS 90 (Abbreviated Injury Scale). Each injury was allocated a severity level on a scale of 1 (minor injury) to 6 (beyond any treatment) and assigned to one of nine regions of the body. Multiple traumas were given a global injury severity score. We have used the New Injury Severity Score (NISS) which is equal to the sum of the squares of the three injuries with the highest AIS values, irrespective of their location. In this study any injury table with a NISS score of nine and over is taken to indicate a severe injury. The second criterion is the mortality rate

among those injured, irrespective of the length of time between the accident and death (even when this exceeds six days).

1.3. Injury tables

Two different approaches have been used to describe injuries, depending on whether the casualty was severely or fatally injured. Severe injuries involve a question of prognosis, but fatal injuries are more a question of etiology. In the case of severe injuries, we have examined the most frequent injury tables. For fatal cases, four regions of the body may lead to death: the head-face or neck, the thorax, the abdomen and the vertebral column. The injuries that are present in at least 5% of fatal cases have been studied on the basis of these regions taken individually then in combination.

1.4. The characteristics of the victims and the accidents

Two characteristics of casualties have been investigated, sex and age (in three classes — 18 to 49 years old, 50 to 69 years old and 70 years old and over). The accident has been characterized on the basis of the type of road in the case of car occupants (urban road, main road-county road or motorway). For pedestrians the two classes main road-county road or motorway have been merged. As the time and date of the accident was recorded we have been able to generate a variable that characterizes the time of day (day-time or night-time). For car occupants, the type of the other vehicle involved in the accident has been identified according to four categories: light vehicle (motorized or not, including in-line skaters and pedestrians), none, heavy vehicle and fixed obstacle. Whether or not the car occupant was wearing a seat belt was also considered, as well as his or her position in the vehicle. For each of the variables we have added a *not known* category in order to avoid losing observations for which the data was missing.

1.5. Statistical analysis

We have studied the risk of severe injury (NISS 9+) and the risk of being killed among pedestrians on one hand and among car occupants on the other. We have quantified the association between these risks and the characteristics of the accident victims by odds ratios (OR) computed using logistical regression models. This study describes only the multivariate analyses. SAS software was used for statistical analysis (SAS, 1999).

2. Results

2.1. The sample

Over the six years data was collected there were a total of 47,503 adult casualties, of which 62% were car occupants and 8% were pedestrians. Of these, 733 pedestrians and 1,722 car occupants were severely injured, with 71% and

67% respectively suffering an AIS 3+ injury level. The two groups contained 144 and 367 fatalities respectively, i.e. one fatality for every five injuries for both pedestrians and car occupants.

2.2. Ageing and severe injury risk

Our univariate analysis shows that the risk of severe injury increases with age and is greater for males for both categories of road user. All the fit variables are also associated with the risk of severe injury. A significant interaction between age and sex among both road user categories expresses an increase in the risk of severe injury with age that is not the same for men and women. Thus, our multivariate analysis shows that the severe injury risk among young males is almost twice as high as among females of the same age. The effect of age then increases for both sexes, independently of the characteristics of the accident, which are also associated with the severity. Two differences should however be noted among the oldest group: female pedestrians have a very high severe injury risk ($OR_{70+} = 4.4$; $CI_{95\%} = (3.3-5.8)$) while the risk for elderly male car occupants is no higher than for the middle age group.

2.3. Number and nature of the regions affected in the case of persons with severe injuries

Slightly more than half the severely injured pedestrians (NISS 9+) had AIS 2+ injuries to only one of the nine AIS regions. One third of casualties had injuries to two regions, 12% to three regions and 4% to four or more regions. These percentages vary relatively little between the three age groups, although there is a slight tendency, which does not achieve statistical significance, for the oldest group to have injuries to only one region. The most frequent injury among pedestrians is lower limb fracture without injury to any other region, and the prevalence of this type of injury is greater among the oldest group. Among all of the age groups, upper limb fractures with no injury to any other region are in second position and account for about 12% of cases and are more frequent among the oldest age group, in contrast to head injuries which are significantly more frequent among young adult pedestrians.

Forty-one percent of severely injured car occupants had injuries to two regions of the body and 38% had injuries to just one region, 15% to three regions and 6% to four or more regions. However, differences according to age class are apparent: the oldest group more often had injuries to just one region, which marks them out from the youngest group of car occupants. The percentage of thoracic injuries increases with age ($p < 0.001$), while the percentage of head injuries falls (but not in a statistically significant manner).

2.4. Ageing and location of severe injuries

Among female pedestrians the increase in the severe injury risk with age is explained by lower limb injuries (with or

without an injury to another region) and upper limb injuries. More precisely, the number of AIS 3+ femoral fractures and the number of femoral neck fractures is significantly smaller among the under seventies than the over seventies (respectively 0.6% and 2.7% for femoral fractures ($p < 0.001$), 0.3% and 3.4% for femoral neck fractures ($p < 0.0001$)). For upper limb injuries (still for female pedestrians), whether they involve the upper part of the limb (shoulder, humerus and elbow) or the lower part of the limb (radius, ulna and wrist), both types of AIS 3+ fracture are significantly more common among the elderly. Among men, this increase is mainly explained by lower limb injuries and the only difference we have observed between males aged under seventy and those aged over seventy relates to femoral neck fractures (0.6% and 5.2%, $p < 0.0001$).

Among car occupants of both sexes the effect of age on severe injury risk is mostly explained by thoracic injuries; the risk for women aged 70 and over is 5.5 times greater than for younger women and the risk for men increases from 1.7 for young men to 5.5 for the oldest group. Both thoracic fractures and internal injuries increase with age. Combining the data for both sexes, the percentages of AIS 3+ thoracic fractures are, in the three age groups respectively, 0.2%, 1.1% and 2.3% ($p < 0.0001$), and those of internal injuries are 0.9%, 1.2%, and 1.8% ($p < 0.002$). In contrast with the situation for men, among the most elderly group of female car occupants upper limb and lower limb injuries also explain the increase in the severe injury risk.

2.5. Ageing and mortality risk

The raw mortality risk increases in a marked manner with age for pedestrians: the risk of death is 2.8 times greater for 50–69 year olds than for 18–49 year olds, $CI_{95\%} = (1.8-4.4)$, and the risk of dying is 6.5 times higher for the over seventies than for the youngest group, $CI_{95\%} = (4.3-9.8)$. Men have a raw fatality risk of 1.3 (not significant) compared to women and the result of the test of interaction between age and sex is not significant. When the risks are adjusted for age and sex, they are even higher than the raw risks, particularly among the oldest groups. The effect of age is revealed in particular by adjustment for type of road and accident period. The mortality risk for young men and the oldest group of men is higher than for women.

For car occupants, the raw mortality risks are slightly lower than for pedestrians, $OR_{50-69} = 1.6$; $CI_{95\%} = (1.2-2.1)$ and $OR_{70+} = 4.1$; $CI = (3.0-5.8)$, however the raw fatality risk is significantly higher for men than for women, $OR = 2.4$; $CI_{95\%} = (1.9-3.1)$ for all age groups. The adjusted mortality risks increase with age for both men and women and only the oldest group of men are not at greater risk of dying than women.

2.6. Injury tables for fatalities

Irrespective of their age, the main possible cause of death for pedestrians is severe injuries limited to the head. The

second cause varies according to the age of the victim: among young pedestrians mainly severe thoracic injuries are involved, for the middle age group it is the combination of severe head and thoracic injuries and for the oldest group, as with the youngest group, it is severe thoracic injuries.

The differences in the results according to age are greater in the case of car occupants. The main possible cause of death for young drivers is severe injuries limited to the head, while for the older groups (including the middle age group) it is severe injury limited to the thoracic region. Conversely, the second possible cause of death among young car occupants is severe injury limited to the thorax and for the two other age groups it is severe head injury. There is one specific feature, however, of the oldest group: there is an equal number of injuries limited to the head as combined injuries to the thorax and head.

3. Conclusion

Our analysis of the register of road traffic accident casualties in the Rhône Département has shown that the risk of severe or fatal injury increases with age. The nature and location of the injuries in question vary according to the age and the sex of the victims. In the case of severe injuries, elderly female pedestrians are susceptible to fractures of the femur (and the femoral neck) and the upper limb. Elderly male pedestrians are mainly exposed to fractures of the femoral neck. The greater vulnerability of severely injured elderly car occupants results in thoracic injuries, which are partly explained by seat-belt wearing. We should not, however, forget that failure to wear a seat belt would certainly have resulted in more severe injury profiles.

As regards possible causes of death, severe head injuries are the main cause of mortality among both pedestrians of all ages and young car occupants. Car occupants of over fifty years of age more often suffer severe thoracic injuries.

These findings should not, however, be allowed to conceal the differences observed in the general population for the two severity criteria we have analyzed (severe injury or death). Mortality (in relation to the general population) is highest for young car occupants, while lethality (the fatality rate amongst those injured) is highest among the elderly. For pedestrians, both mortality and lethality increase with age. These findings are also applicable to the risk of severe injury.

Our findings justify the continuation of passive safety research in order to develop protection systems that are suited to the characteristics of different groups of vehicle occupants. Furthermore, they should help to increase general awareness of pedestrian vulnerability and stimulate the introduction of preventive measures, particularly for seniors.

Remerciements

Nous remercions pour leur soutien financier les ministères français chargés des transports et de la recherche, en particu-

lier la Direction de la sécurité et de la circulation routières (DSCR). Nous remercions également tous ceux qui ont participé au recueil ou à l'informatisation des données, pour l'Association pour le registre des victimes d'accidents de la circulation du Rhône (ARVAC) (président V. Bansillon, directrice A. Ndiaye) et pour l'INRETS-UMRETTE (B. Laumon, responsable scientifique du registre): Ait Idir T., Ait Si Selmi T., Andriat M., Artru E., Asencio Y., Assossou I., Bagès-Limoges F., Bagou G., Balogh C., Bansillon G., Barnier N., Barth X., Basset M., Bec J.-F., Bejui J., Bel J.-C., Bérard E., Bérard J., Bernard J.-C., Bertrand J.-C., Besson L., Biot B., Blanchard J., Boeuf C., Boisson D., Bonjean M., Bouchedor C., Bouletreau P., Boyer V., Breda Y., Bret P., Brilland R., Bussery S., Cabet N., Cannamela A., Caregnato B., Carre M., Catala Y., Chagnon P.-Y., Chantrier C., Chardon P., Charnay P., Chatelain P., Chavane H., Chazot G., Chevreton N., Chevillon E., Chevillon S., Chiron M., Chotel P., Cochard P., Combe C., Contamin B., Coppard E., Crettenet Z., Dal Gobbo B., De Angelis M.-P., Decourt L., Delfosse A., Demazière J., Deruty R., Desjardins G., Emonet A., Escarmet J., Eyssette M., Fallavier L., Felten D., Feuglet P., Fifs N., Fisher G., Fischer L.-P., Floccard B., Floret D., Fournier G., Fredenucci J.-F., Freidel M., Gadegheku B., Galin L., Gaillard P., Gallon M., Garnier N., Garzanti A., Gaussorgues P., Gautheron V., Genevriat M., Gibaud F., Gillet Y., Goubinsky A., Granger M., Grattard P., Guenard P.-Y., Guenot C., Guignard M., Hamel D., Jacquemard C., Joffre T., Kohler R., Lagier C., Lapierre B., Laplace M.-C., Laurent R., Lebel M., Leblay G., Lille R., Lucas R., Malicier D., Mangola B., Marthel Y.-N., Martin J.-L., Marty F., Messikh C., Meyer F., Meyrand S., Morel-Chevillet E., Mioulet E., Mollet C., Monnet J., Moreno S., Ndiaye A., Neidhart J.-P., Ngandu E., Ny S., Ould T., Paris D., Patay B., Pauget P., Peillon D., Perrin-Blondeau D., Petit P., Piton J.-L., Plantier M., Pomon P., Pramayon C., Quelard B., Rigal F., Robert D., Romanet J.-P., Rongieras F., Roset C., Rousson A., Roussouli P., Roux H., Ruhl C., Salamand J., Sametzky P., Scappaticci N., Schneider M., Simonet C., Sindou M., Söklner R., Stagnara J., Stamm D., Suc B., Tasseu F., Tell L., Tilhet-Coartet S., Trifot M., Vancuyck A., Vergnes I., Verney M.-P., Voiglio E.-J., Vourey G., Vuillard J., Westphal M., Willemen L.

Références

- AAAM, 1990. The abbreviated Injury Scale. Association for the Advancement of Automotive Medicine des Plains États-Unis.
- Baker, S.P., O'Neill, B., Haddon Jr, W., Long, W.B., 1974. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J. Trauma* (n° 14), 187-196.
- Bull, J.P., 1978. Measures of severity of injury. *Injury* (n° 9), 184-187.
- Bull, J.P., 1982. Injury severity scoring systems. *Injury* (n° 14), 2-6.
- Charnay, P., Laumon, B., 2002. Le registre des victimes d'accidents de la circulation routière du Rhône: modalités de mise en place, de recueil, d'informatisation et de gestion. Rapport INRETS-UMRETTE (n° 0204).
- Cicera, E., Plasencia, A., Ferrando, J., Seguí-Gomez, M., 1998. Factors associated with severity and hospital admission of motor-vehicle injury cases in a Southern European urban area. 42nd Annual Proceedings of AAAM, Charlottesville, Virginia, États-Unis. 287-302.

- Claret, P., Lami del Castillo, J., Molón, J., Cironillas, A., Martín, M., Vargas, R., 2003. Age and sex differences in the risk of causing vehicle collisions in Spain, 1990 to 1999. *Accident Analysis & Prevention* 35, 261-272.
- Dellinger, A., Langlois, J., Li, G., 2002. Fatal crashes among older drivers: decomposition of rates into contributing factors. *Am J. Epidemiol.* (n° 155), 234-240.
- Evans, L., 1987. Fatal and severe crash involvement versus driver age and sex. 31st Annual Proceedings of AAAM, New Orleans, Louisiana, États-Unis, 59-76.
- Evans, L., 1988. Risk of fatality from physical trauma versus sex and age. *J. Trauma* (n° 28), 368-378.
- Evans, L., 2000. Age dependence of female to male fatality risk in the same crash: an independent reexamination. *J. Crash Prevention and Injury Control* 2, 111-121.
- Fontaine, H., Hubert, J.-P., 1997. Évolution de l'usage de l'automobile et du risque d'accident. *Recherche Transports Sécurité* (n° 57), 7-20.
- Hirsch, A.E., Eppinger, R.H., 1984. Impairment scaling from the Abbreviated Injury Scale. 28th Annual Proceedings of AAAM, Denver, Colorado, États-Unis, 209-224.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S., 1989. *Applied Logistic Regression*. Wiley, New York, États-Unis.
- Laumon, B., Martin, J.-L., Collet, P., 1997. A French road accident trauma registry: first results. 41st Annual Proceedings of AAAM, 127-137.
- Laumon, B., Martin, J.-L., 2002. Analyse des biais dans la connaissance épidémiologique des accidents de la route en France. *Rev. Epidemiol. Santé Publique* (n° 50), 277-285.
- Li, G., Braver, E., Chen, L., 2003. Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle × mile of travel among old drivers. *Accident Analysis & Prevention* 35, 227-235.
- Massie, D.L., William, A., 1993. Involvement rates by driver age and gender based on the 1990 NPTS. 37th Annual Proceedings of AAAM, San Antonio, Texas, États-Unis, 345-362.
- Massie, D.L., Green, P.E., Campbell, K.L., 1997. Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage. *Accident Analysis & Prevention* 29, 675-685.
- McCoy, G.F., Johnston, R.A., Duthie, R.B., 1989. Injury to the elderly in road traffic accidents. *J. Trauma* (n° 29), 494-497.
- OCDE, 2001. *Vieillesse et transport, Concilier mobilité et sécurité*. Publication OCDE, Paris, France.
- ONISR, 2001. *Bilan de l'année 2000. Observatoire national interministériel de sécurité routière. La documentation Française*, Paris, France.
- Osler, T., Baker, S.P., Long, W., 1997. A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring. *J. Trauma* (n° 43), 922-926.
- PREEDIT, 2002. *Recherches coordonnées sur les traumatismes consécutifs à un accident de la circulation routière, leurs causes et leurs conséquences. Rapport de recherche PREEDITNETS*.
- SAS, 1999. *Version 8*. Cary NC.
- Sjögren, H., Björnstig, U., Eriksson, A., Sonntag-Östros, M., 1992. Elderly in the traffic environment: analysis of fatal crashes in Northern Sweden. 36th Annual Proceedings of AAAM, San Antonio, Texas, États-Unis, 237-253.
- Sjögren, H., Björnstig, U., Eriksson, A., Östros, M., 1993. Differences between older and younger drivers: Characteristics of fatal car crashes and driver injuries. 37th Annual Proceedings of AAAM, San Antonio, Texas, États-Unis, 237-253.
- Travis, D.R., Kahn, E.M., Layde, P.M., 2001. Age and gender patterns in motor vehicle crash injuries: importance of type of crash and occupant role. *Accident Analysis & Prevention* 33, 167-172.
- Valent, F., Schiava, F., Savonitto, C., Gallo, T., Brusaferrò, S., Barbone, F., 2002. Risk factors for fatal road accidents in Udine, Italy. *Accident Analysis & Prevention* 34, 71-84.
- Wong, T.W., 1987. Road traffic accidents in the elderly: a major cause of morbidity and mortality. *Ann. Acad. Med. Singapore* (n° 16), 101-105.

[A38]

Driving Cessation and Self-Reported Car Crashes in Older Drivers: The Impact of Cognitive Impairment and Dementia in a Population-Based Study

Sylviane Lafont, MSc, Bernard Laumon, MD, PhD,
Catherine Helmer, MD, PhD, Jean-François Dartigues, MD, PhD,
and Colette Fabrigoule, PhD

Journal of Geriatric Psychiatry
and Neurology
Volume 21 Number 3
September 2008 171-182
© 2008 Sage Publications
10.1177/0891988708316861
<http://jgn.sagepub.com>
hosted at
<http://online.sagepub.com>

The complexity of driving activity has incited numerous developed countries to initiate evaluative procedures in elderly people, varying according to first evaluation age, frequency, and screening tools. The objective of this paper is to improve the knowledge of the driving cessation process regarding factors associated with crash involvement. Driving cessation and self-reported crashes during the past 5 years were analyzed with multivariate models, in a cross-sectional study including a population-based sample of 1051 drivers aged 65 years and more. Visual trouble, Parkinson disease, dementia, and

stroke history were associated with driving cessation. Future dementia was associated with self-reported crashes only. Attentional and executive deficits were associated with both outcomes. The detection of attentional and executive deficits should be included in driving evaluation procedures to improve awareness of these deficits by older drivers.

Keywords: driving cessation; self-reported road crashes; attention; executive function; processing speed; dementia; epidemiology; elderly

Driving is a complex task involving perceptual, motor, and distinct cognitive abilities, which are frequently altered in normal and pathological aging.¹⁻³ Driving is one of the rare activities to which older individuals must respond over brief temporal durations, constraints that are not present for most of their other daily activities. Driving requires handling a considerable amount of information in a limited period to make quick decisions and necessitates a good level of mental flexibility, as well as a continuous state of alertness to cope with unexpected events.^{2,4-6}

The driving of elderly people is only a problem of concern if those presenting deficits do not adapt their driving behavior, with driving cessation being the ultimate form of adaptation. Older drivers, faced with the decision of giving up driving, are sometimes reluctant to do so because it has become a major component of autonomy. Therefore, most developed countries have initiated evaluative procedures for elderly people to detect deficits that might increase their accident risk.⁷ These procedures vary according to the first evaluation age, frequency, and screening tools. In countries like France, where such procedures do not exist, there is a considerable debate about eventual introduction of procedures. To enrich this debate, it is crucial to understand the driving cessation process in aged people by evaluating the rate of cessation and the role of sensory, motor, and cognitive deficits.

The literature has shown that visual⁸⁻¹² and motor abilities^{9,13-15} constitute major factors in driving cessation. Some cognitive deficits also act as determining factors for driving cessation.¹⁵⁻¹⁸ Although sensory and

Received September 19, 2006. Received revised March 12, 2007. Accepted for publication March 14, 2007.

From UMRESTTE, INRETS-Université Lyon 1-Institut de Veille Sanitaire, Bron (SL, BL); INSERM #U593 (CH, J-FD); and CNRS UMR 5231 (CF), Bordeaux, France.

Address correspondence to: Sylviane Lafont, MSc, UMRESTTE-INRETS, 25 Ave François Mitterrand, Case 24, Bron Cedex 69675, France; e-mail: sylviane.lafont@inrets.fr.

motor deficits have rarely been found to be risk factors of crashes, this is not the case for cognitive deficits, and in particular, visuo-attentional and executive impairments.^{1,4,6,19} These findings suggest that individuals may perceive sensory motor deficits more readily than cognitive deficits, and the lack of awareness of cognitive deficits might explain why subjects continue to drive when they encounter such problems. This hypothesis is the more credible because such disorders are present among subjects with dementia, which is very frequent during aging (Alzheimer and vascular type dementia being the most represented). These pathologies are often characterized either by the denial of such difficulties or by anosognosia whereby subjects are unable to judge their deficits.^{20,21} Diagnosis refusal, associated with denial behaviors, is also observed. With the exception of 2 studies,^{22,23} most investigations have reported an increased crash risk among demented drivers.²⁴⁻²⁸ If attentional and executive deficits are substantial in pathological aging, they also occur to a much lesser extent in normal aging^{29,30} and may disturb driving activity.^{5,6}

In this study, we analyze the factors associated with driving cessation, as well as those associated with self-reported crashes. Specific attention will be paid to the presence of sensory, motor, and cognitive deficits and to the role of neurodegenerative diseases, including dementia.

Subjects and Methods

Participants

Study participants were drawn from the Three Cities (3C) cohort. The characteristics and objectives of this prospective cohort study are described in detail elsewhere.³¹ Briefly, the main objective of this investigation was to evaluate the risk of dementia and cognitive impairment attributable to vascular factors. Between 1999 and 2001, 9294 noninstitutionalized persons aged 65 years and more were recruited from the electoral rolls of 3 French cities. For the purpose of the present study, only participants from Bordeaux were included (N = 2104). They were first assessed at home by a psychologist (interview and cognitive evaluation) and then examined at a medical center to complete health-related data assessed by a neurologist.

Driving Status

At baseline, the participants completed a self-reported questionnaire including questions about leisure,

physical exercise, and driving activity. Subjects were asked whether they were currently driving, had stopped driving (if so, for how long), or had never driven. Motor vehicle crashes within the past 5 years were noted. Two self-reported variables of interest were defined: stopped driving during the past 5 years and experienced, as a driver, at least 1 crash during the same period.

Sensory and Motor Impairments

The Parinaud reading scale was administered to subjects, with the psychologist asking each subject to read (using glasses if necessary) 6 paragraphs, each printed in characters of progressively smaller size. The paragraphs were given codes of 10, 8, 6, 5, 4, or 3, ranging from largest to smallest character size. The subject scores corresponded to the code of the smallest, correctly read paragraph. A score greater than 5 indicated a near vision impairment (as defined by French ophthalmologists). Far vision deficit was assessed by self-reported problems in recognizing a familiar face at more than 4 m. Hearing problems were defined as self-report of difficulties in hearing a person even if she/he speaks loudly. Two questions of Rosow and Breslau³² were used to determine whether subjects were limited in their ability to walk 500 m to 1 km and to walk up or down 2 flights of stairs.

Neuropsychological Evaluation

Neuropsychological tests were completed at home with a psychologist. Most tests, initially chosen to detect dementia-related cognitive impairments, also involve functions previously associated with safe driving. Global intellectual functioning was assessed using the Mini-Mental State Examination (MMSE).³³ The questions are grouped into 7 categories, each representing a different cognitive domain: time orientation (5 points), place orientation (5 points), repetition of 3 words (3 points), attention and calculation (5 points), recall of the 3 words (3 points), language (8 points), and visual construction (1 point). Visual working memory was explored using the Benton Visual Retention Test (BVRT)³⁴ presenting 15 stimulus cards of 1 or 3 geometric figures and 15 multiple-choice cards. After presentation of the stimulus card for 10 seconds, subjects are asked to choose the initial figure from 1 of 4 possibilities. Scores range from 0 to 15. Verbal semantic fluency was explored using the Isaacs Set Test (IST)³⁵ in

which subjects are asked to generate words in 4 semantic categories (colors, animals, fruits, and cities) within a limited time. In the present analysis, the sum of the 4 categories at 60 seconds was used. Information processing speed and mental flexibility were assessed using trail making test parts A and B (TMT-A and TMT-B).³⁶ The task of TMT-A was to connect randomly located circles with numbers (1-25) in numerical order as fast as possible. In TMT-B, the subjects had to alternately connect circles with numbers (1-13) and letters (A-L) in their respective sequences as fast as possible. Before each part of the test, a pretest was given to ensure instructions had been understood. During the test administration, the psychologist rectified participants' errors for the 4 first connections only. Then, contrary to the usual procedure, the psychologist allowed subjects to continue the task without any further help or rectification. The time taken to complete the test was recorded, as well as each transition, correct or not, between items. Because the number of transitions varies for each subject, the total is not appropriate. Therefore, we divided the total time by the total number of transitions to obtain a more accurate measure of processing speed. Each transition between any 2 items was then analyzed using the approach described in Amieva et al.³⁷ This enabled the number of correct transitions (out of 24) and the number of perseveration errors in TMT-B to be determined. These errors, which consist of failures to alternate between the series of numbers and letters, suggest a deficit in switching mechanisms. When subjects did not complete at least 10 transitions, the test was classified as "no response." However, subjects with such "no response" tests were not excluded from the models because refusal or inability to complete a test may be related to cognitive impairment.³⁸

Diagnosis of Dementia

All participants were examined by a neurologist in accordance with a standardized clinical protocol. Further data on cognitive functioning, daily activities, severity of cognitive disorders (Clinical Dementia Rating Scale)³⁹ and, whenever possible, magnetic resonance images were collected. Finally, the diagnosis and classification of prevalent dementia cases were established by the 3C-study investigators on the basis

of *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition* criteria.⁴⁰ In the follow-up examination, conducted 2 years after the baseline examination, the same procedure was used to detect incident dementia cases. This follow-up allowed us to determine retrospectively which drivers had a future dementia status at baseline (normal at baseline but reached a demented stage 2 years later). All the prevalent and future cases were classified according to dementia subtypes (Alzheimer, vascular, frontotemporal, and Lewy body dementia). At baseline, as well as 2 years later, these diagnoses were further validated by a group of independent expert neurologists.

Medical Conditions and Drug Use

Health variables were collected by a nurse and a neurologist at the medical evaluation. Central nervous system (CNS) diseases were included in the analyses to determine whether they have an effect on driving cessation and crash involvement independently of cognitive performance. Self-reported variables related to stroke, head trauma with amnesic disorders lasting more than 24 hours, Parkinson disease, and diagnoses of prevalent and future dementia were combined in the following way: when dementia occurred either alone or with 1 of the 3 other pathologies, subjects were included in the dementia category; when Parkinson disease occurred either alone or with stroke or head trauma, subjects were included under Parkinson disease category; when stroke occurred alone or associated with head trauma, subjects were included in the stroke category. Diabetes and heart disease, found in the literature to be associated with driving cessation,¹⁰⁻¹² were also taken into account. Depression, assessed by the psychologist using the 20-item Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (score between 0 and 60),⁴¹ was also analyzed. We used validated scores of over 16 for men and 22 for women to indicate a depressive symptomatology.⁴² The examination included an inventory of all drugs used during the preceding month; these were coded in accordance with the French translation of the World Health Organization Anatomical Therapeutic Chemical classification.⁴³ We were particularly interested in drugs with CNS effects, in particular epileptic and psychiatric medications (eg, antidepressants and benzodiazepines). Drugs with skeletal relaxants or anti-inflammatory effects were also analyzed.

Sociodemographic and Driving Exposure Variables

Sociodemographic variables were collected at home by a psychologist: age, sex, living arrangements (living alone or not), and education. Age was considered as a continuous variable, and education was coded into 2 levels: no schooling or primary school level was considered equivalent to 0 to 5 years of schooling, and secondary school level or university level was considered equivalent to 6 or more years of schooling. Participants were asked about their driving exposure and whether they were still driving at baseline. Driving frequency was assessed in number of days per week: 0 to 1 day per week, 2 to 3 days, or everyday. Driving distance was coded into 4 classes based on the number of kilometers driven yearly: <3500 km per year, 3500 to 7000 km per year, 7000 to 20 000 km per year, or >20 000 km per year. An additional class of "no response" was created for each variable.

Statistical Analysis

Driving cessation analyses were conducted for current drivers who were still driving at baseline and also for subjects who had stopped driving within the past 5 years. Crash involvement in the same interval of 5 years was explored for current drivers only. Given the retrospective design of our study, it appeared important not to exceed 5 years between the cognitive evaluation and driving cessation or a crash. The characteristics of subjects who had ceased driving and those who had not ceased were compared using *t* test for quantitative variables and chi-square or Fisher exact tests for qualitative variables. Cognitive variables were analyzed as qualitative variables rather than quantitative variables. It is generally considered that a difference of 5 points between 25 and 30 on the MMSE, for example, is not equivalent in terms of deficits to a difference of 5 points between 18 and 23. Consequently, as continuous variables suppose a linearity of calculated risks, the concept of deficit threshold with a 2-modality variable (good/poor performance) was more adapted to our aims. Moreover, qualitative treatment of the variables makes it possible not to exclude those subjects who refused or who did not complete the test. Previous work has shown that such subjects have a lower cognitive level than those who complete the test.³⁸ In the context of the present study, it appeared interesting to include the total population of subjects. To determine the 2 modalities, the threshold that displayed the best

separation between subjects who had ceased driving and those who continued driving was computed using the maximum likelihood for the univariate logistic regression model. The $-2 \log$ likelihood statistic has a chi-square distribution under the null hypothesis (the explanatory effect in the model is 0). A 1-point step was used for the MMSE, BVRT, IST, for correct transitions in TMT-A and TMT-B, and also for perseverations in TMT-B; a 0.5-second step was used for time per transition in TMT-A and TMT-B.

Multivariate analyses were performed using logistic regression models. Socio-demographic, sensory motor, medical conditions, and cognitive variables, found to be statistically significant at $P = .10$ level in bivariate comparisons, were included in the multivariable model. Odds ratio (OR) with corresponding 95% confidence intervals (95% CI) were calculated. Factors associated with crash involvement were analyzed following the same procedure. Finally, 2 complementary analyses were carried out to test the robustness of our results. In the first analysis, demented and future demented subjects were excluded from the sample. In the second analysis, subjects with poor episodic memory, subjects who did not recall any of the 3 words of the MMSE or just 1 word only were excluded. These complementary analyses were applied to each of the 2 outcomes, driving cessation and crash involvement. All the analyses were performed using SAS, version 9.1 (SAS Institute, Inc, Cary, North Carolina).

Results

Sample Description

Out of 2104 participants in the 3C-Bordeaux cohort, 1649 participants completed the whole questionnaire, including the part devoted to driving safety. Respondents were significantly younger than nonrespondents (73.7 ± 4.9 years; 75.6 ± 5.6 years; $P < .001$); they were more often men (40.1% vs 34.1%; $P < .02$); their educational level was higher (66.7% of secondary level or more vs 52.8%; $P < .001$). Of the 1649 respondents, 76.0% had a driving license, and among them 21.4% no longer drove at baseline. The mean age at the time of driving cessation was 71.6 years (SD, 6.1) for people who stopped after 60 years, 73.3 years (SD, 6.6) for men and 69.9 (SD, 5.1) for women. Of the 62% of women who had a driving license, 34% had stopped driving. Almost all the men (96%) had a driving license, with 9% of them having ceased driving.

Table 1. Characteristics of Study Subjects by Driving Cessation and Self-Reported Crashes

Characteristics (column %)	No Driving Cessation (n = 986)	Driving Cessation (n = 65)	Noncrash Involvement (n = 746)	Crash Involvement (n = 240)
Age, mean \pm SD, y	72.8 \pm 4.5	77.0 \pm 5.3 ^a	72.6 \pm 4.5	73.4 \pm 4.7 ^a
Female	41.5	53.8 ^b	44.5	32.1 ^a
Primary level ^c	25.3	20.0	22.4	34.6 ^a
Living alone	28.4	41.5 ^a	28.0	29.6
Driving frequency (per wk)				
\leq 1 day			11.9	10.0
2-3 days			38.1	48.7 ^a
Everyday			25.9	38.7
No response			24.1	2.5
Crash in the past 5 y	24.3	20.0		
Sensorial deficits				
Near vision	0.4	4.6 ^d	1.7	2.9
Far vision	1.7	12.3 ^a	1.7	2.9
Hearing	3.4	6.1	2.9	5.0
Motor deficits				
Walk; 0.5 to 1 km	3.4	18.5 ^a	3.5	3.3
Walk up/down 2 stairs	4.6	21.5 ^a	4.7	4.2
CNS disease ^f				
No disease	90.3	64.6	90.3	90.0
Parkinson	0.6	4.6 ^d	5.1	4.6
Head trauma	4.9	4.6	2.4	1.7
Stroke	2.0	9.2 ^d	0.8	1.2
Prevalent dementia	0.8	12.3 ^a	0.8	0.8
Future dementia	1.4	4.6 ^a	0.9	2.9 ^a
Depressive symptomatology	4.9	10.8 ^a	5.4	3.3
Diabetes	7.3	10.8	7.1	7.9
Heart disease	17.3	30.8 ^d	17.7	16.2
Medication				
Antiepileptics	1.6	12.3 ^a	1.1	0.4
Benzodiazepine	19.7	21.5	19.7	19.6
Antidepressant	6.0	10.8	6.0	5.8
Relaxant/anti-inflammatory	9.4	6.1	8.4	12.5 ^b

NOTE: CNS = central nervous system.

a. *t* test and chi-square or Fisher exact test: $P < .05$.

b. *t* test and chi-square or Fisher exact test: $P < .10$.

c. Equivalent to 0 to 5 years schooling.

d. *t* test and chi-square or Fisher exact test: $P < .01$.

e. *t* test and chi-square or Fisher exact test: $P < .001$.

f. Every pathology was individually compared to the reference category (no CNS disease).

Of the 1051 subjects who had driven during the past 5 years, 16 were diagnosed as demented at baseline (MMSE: mean, 23.1; SD, 3.6), 8 had Alzheimer disease, 4 had mixed dementia, 3 had vascular dementia, and 1 had Lewy body dementia. Of these 16 prevalent demented subjects, 8 were driving at baseline (MMSE: mean, 25.2; SD, 2.9). Seventeen individuals were diagnosed as demented 2 years after their inclusion (MMSE: mean, 25.8; SD, 1.5): 9 with Alzheimer disease, 1 with mixed dementia, 3 with vascular dementia, 1 with dementia associated

with Parkinson disease, 1 with Lewy body dementia, and 2 with other types of dementia. Of these 17 future demented subjects, 14 were driving at baseline.

Driving Cessation

Of the 1051 subjects who drove during the past 5 years, 65 had ceased driving activity at the time of inclusion (6.2%). With the exception of education, crash history, hearing impairments, head traumatism,

Table 2. Cognitive Variables: Thresholds Significantly Associated With Driving Cessation and Percentage of Poor Performance Among the 2 Groups

Cognitive Variables	No Driving Cessation (%)	Driving Cessation (%)
MMSE <27 ^a	18.3	39.1
BVRT <11 ^b	23.3	48.4
IST <57 ^c	20.0	41.5
TMT-A		
Time $\geq 3.5^d$	8.7	29.2
Correct <23 ^e	2.5	9.2
Not done	3.4	10.8
TMT-B		
Time $\geq 7^f$	12.5	33.8
Correct <22 ^g	27.4	41.5
Perseverations $\geq 2^h$	10.6	21.5
Not done	4.8	15.4

NOTE: MMSE = Mini-Mental State Examination; BVRT = Benton Visual Retention Test; IST = Isaacs Set Test; TMT-A = trail making test-part A; TMT-B = trail making test-part B.

a. Number of correct responses to MMSE (out of 30).

b. Number of correct responses to BVRT (out of 15).

c. Number of correct responses given in 60 seconds to IST.

d. TMT-A time: total time divided by the total number of transitions at the TMT-A.

e. TMT-A correct: number of correct transitions at the TMT-A (out of 24).

f. TMT-B time: total time divided by the total number of transitions at the TMT-B.

g. TMT-B correct: number of correct transitions at the TMT-B (out of 24).

h. TMT-B perseverations: number of perseveration errors at the TMT-B.

diabetes, psychotropic and inflammatory drugs, all the other variables differed significantly for those subjects who continued driving and those subjects who stopped driving (Table 1).

The significant thresholds of cognitive variables found to best describe driving cessation were MMSE <27; BVRT <11; IST <57; TMT-A: time/transition ≥ 3.5 , correct transition <23; TMT-B: time/transition ≥ 7 , correct transition <22, perseveration ≥ 2 (Table 2). Individuals who stopped driving had lower performances for all cognitive variables compared with those who pursued their driving activity.

The 2 TMT-A variables were combined before their inclusion in the multivariate models.

In the multivariate model, higher age, female sex, far vision deficit, TMT-A (time per transition ≥ 3.5 or correct transition ≤ 22), and antiepileptic consumption were significantly associated with driving cessation (Table 3). A difference of 10 years in age increased the probability of driving cessation by more than fivefold. Parkinson disease, stroke history, or dementia diagnosis at baseline were strongly associated with driving cessation. Living arrangements, near vision, motor deficits, heart disease, depressive symptomatology, drug use, BVRT, and future dementia were no longer associated with driving cessation.

When demented and future demented drivers were excluded ($n = 34$), visual working memory, explored using the BVRT, was associated with driving cessation in the multivariate model (OR = 2.0; 95% CI, 1.1-3.7; $P < .03$). The same noncognitive variables were significantly associated with driving cessation. When subjects with poor episodic memory were excluded ($n = 375$), the validity of the model fit was questionable, even if the same tendencies were found, because only 35 of the remaining subjects had ceased driving.

Crash Involvement

Some 240 current drivers had experienced at least 1 crash within the past 5 years (24.3%), with 19 of them having been involved in a crash with at least 1 injured individual (7.9%). In all, 15% had experienced 1 crash, 5.6% had experienced 2 crashes, 2.0% had experienced 3 crashes, and 1.5% had experienced 4 or more crashes. Drivers who had experienced crashes were older, less educated, and drove more frequently than those who did not experience crashes (Table 1). Men and future demented drivers had crashes more frequently. Although

Table 3. Factors Associated With Driving Cessation: Multivariate Model (n = 1051 Drivers in the Past 5 Years)

	Odds Ratio	95% CI
Age, y ^a	1.18	(1.11-1.25) ^b
Sex		
Female versus male	3.1	(1.7-5.6) ^b
Far vision	7.0	(2.4-20.1) ^b
TMT-A		
Time $\geq 3.5^c$ or correct $\leq 22^d$	2.9	(1.5-5.6) ^e
CNS disease		
Parkinson versus no CNS disease	17.0	(3.6-81.4) ^b
Head trauma versus no CNS disease	1.4	(0.4-5.0)
Stroke versus no CNS disease	4.2	(1.4-12.7) ^f
Prevalent dementia versus no CNS disease	13.9	(4.0-48.8) ^b
Future dementia versus no CNS disease	1.9	(0.5-7.7)
Epileptics	5.8	(1.4-23.5) ^f

NOTE: CI = confidence interval; TMT-A = trail making test-part A; CNS = central nervous system.

a. Odds ratio reflects a 1-year increase.

b. $P < .001$.

c. TMT-A time: total time divided by the total number of transitions at the TMT-A.

d. TMT-A correct: number of correct transitions at the TMT-A (out of 24).

e. $P < .01$.

f. $P < .05$.

driving distance was also significant, it was not retained in multivariate analysis because the likelihood criterion was smaller than that of driving frequency. Drivers who consumed skeletal relaxants or anti-inflammatory drugs had crashes more frequently (significant limit, $P < .10$). Significant thresholds of these cognitive variables were the following: IST < 45 ; TMT-B: correct transitions < 6 , perseverations ≥ 5 . The poor cognitive performance rates of persons without crashes and those with crashes were 3.4% and 7.2% for IST, 0.6% and 3.1% for the correct transitions, 0.4% and 2.6% for perseverations, respectively.

In the multivariate model, greater age, poor education, high-frequency driving, and poor performance at the TMT-B (correct transitions < 6 or perseverations ≥ 5) were significantly associated with crash involvement (Table 4). As for pathologies, future dementia was the only one significantly associated with crash involvement.

When demented and future demented drivers were excluded ($n = 22$), the same variables were found to be significantly associated with crash involvement; as was poor performance at the TMT-B (correct transitions < 6 or perseverations ≥ 5 ; OR = 8.3; 95% CI, 2.4-29.0; $P < .001$). When subjects with poor episodic memory were excluded ($n = 347$), the threshold for perseveration errors was lower (≥ 3).

The same variables were significant with a lower OR for the combined variable of the TMT-B (OR = 2.1; 95% CI, 1.0-4.3; $P < .001$).

Discussion

The results of this study showed that for this population living at home, with a mean age of 75, driving cessation is not rare: 21% of the population had ceased driving since they had first obtained their license and 6% within the past 5 years. Despite several limitations, our study nonetheless provides a new contribution to the knowledge base regarding the decision to stop driving. The results suggest that deficits uniquely associated with driving cessation are perceived by the subjects or their family circle and taken into account in the process of giving up driving. Conversely, deficits associated with self-reported crashes seem to be insufficiently taken into account.

Factors Associated With Driving Cessation Only

Female sex, nearsightedness, dementia, Parkinson disease, and stroke were exclusively associated with driving cessation. Women ceased driving more readily than men and those who continued did not

Table 4. Factors Associated With Self-Reported Crashes: Multivariate Model (n = 986 Current Drivers)

	Odds Ratio	95% CI
Age, y ^a	1.04	(1.01-1.08) ^b
Sex		
Female versus male	0.7	(0.5-1.0) ^b
Education		
≤ primary versus ≥ secondary	1.6	(1.1-2.2) ^c
Driving frequency (per wk)		
2-3 days versus ≤1 day	1.6	(1.0-2.8)
Everyday versus ≤1 day	2.0	(1.2-3.4) ^b
No response versus ≤1 day	0.1	(0.1-0.3) ^d
TMT-B		
Correct <6 ^e or perseverations ≥5 ^f	7.7	(2.5-24.0) ^d
CNS disease		
Parkinson versus no CNS disease	1.0	(0.2-6.3)
Head trauma versus no CNS disease	1.0	(0.5-2.1)
Stroke versus no CNS disease	0.5	(0.1-2.1)
Prevalent dementia versus no CNS disease	0.4	(0.1-3.0)
Future dementia versus no CNS disease	3.4	(1.0-11.4) ^b

NOTE: CI = confidence interval; TMT-B = trail making test-part B; CNS = central nervous system.

a. Odds ratio reflects a 1-year increase, a difference of 10 years in age increased the risk of crash involvement by a factor of 1.5.

b. $P < .05$.

c. $P < .01$.

d. $P < .001$.

e. TMT-B correct: number of correct transitions at the TMT-B (out of 24).

f. TMT-B perseverations: number of perseveration errors at the TMT-B.

have a higher crash risk than men. Hakamies-Blomqvist and Wahlström⁴⁴ have shown that women reported more frequently feelings of stress in traffic than men. Furthermore, for their generation, they often had less driving experience than men, which may explain a greater lack of confidence in their driving abilities.

As in our study, other authors have found that subjects with visual problems quit driving^{8-10,45} and do not have a higher crash risk.^{1,3,46,47} A recent review shows that findings about the associations between various measures of visual function and driving safety are inconsistent, and the authors concluded that visual tests used in isolation are not strong predictors of crash involvement.⁴⁸ This pattern of results suggests that visual deficits frequently lead to the decision to cease driving.

Dementia, Parkinson disease, and stroke were major factors involved in driving cessation. When they did not stop driving, subjects with these pathologies did not report more crashes than drivers without these pathologies. Parkinson's disease has previously been found as a major factor of driving cessation⁴⁹ and as a nonsignificant factor in crashes.^{50,51} But Zesiewicz et al⁵² have shown that patients with

advanced Parkinson disease were more at risk of crashes, owing to both motor and cognitive dysfunctions.⁵² The high rate of driving cessation after a stroke was consistent with other studies.^{11,12,49,53} Stroke survivors seemed to limit their driving exposure or rely on others for transportation, suggesting self-regulated behavior. As in our study, 2 studies failed to find a significant association between strokes and road crashes,^{46,50} but two other studies did.^{47,55} Differences in stroke prevalence, ranging from 2.5% to 10%, could explain this controversial result.

Finally, consistent with several authors, we found dementia to be a major factor of driving cessation.^{9,55} But unlike 2 other studies^{22,23} and our study, most studies have found an increased crash risk among demented drivers.²⁴⁻²⁸ However, comparing the results of the different studies is difficult due to variability in study design and the type or the severity of dementia examined. In our study, demented subjects who had ceased driving were more impaired (MMSE: mean, 20.7; SD, 2.8) than those who continued driving (MMSE: mean, 25.2; SD, 2.9). For the latter group, it is possible that some of them had reduced their driving activity because of self-imposed or family-imposed restrictions, either of which may explain the absence

of a significant association with crashes. However, one cannot totally exclude a potential recall bias because demented patients have memory deficits. Although we did not collect additional information from the informant's family, 6 of the 8 demented subjects at baseline were living with their spouses. Because couples were included in the 3C study and both individuals were visited at home within the same day, it would seem reasonable to suppose that the couples filled out the questionnaire together. In addition, the responses of 6 of the 8 demented subjects were judged reliable by the psychologist.

Factors Associated With Self-Reported Crashes

Greater age and poor attentional and executive performances were associated with both crash involvement and driving cessation.

Despite the high rate of driving cessation with advancing years, the oldest individuals who maintained their driving activity seemed to be slightly more at risk of an accident. Age has been found to be a major factor of driving cessation in most studies, whereas the relationship between age and crash involvement is more controversial, with significant associations in some investigations^{6,46,56,57} and nonsignificant associations in others.^{3,47,54} In our study, despite adjustments for age-related factors, such as neurodegenerative pathologies, the association between age and crash involvement remained significant among the oldest participants. A difference of 10 years in age increased the risk of crash involvement by 50%.

Poor attentional and executive performances, assessed using TMT, were the second variable after age to be most associated with both driving cessation and self-reported crashes. A reduction in processing speed or failure at the TMT-A emerged as the best cognitive indicators of driving cessation, independently of the presence of CNS diseases. Few authors have explored the effects of cognitive performances on driving cessation, but a recent prospective study showed that poor symbol recall, poor processing speed, and poor immediate recall were the strongest predictors of driving cessation at 2 years.¹⁵ Stutts et al⁶ have also demonstrated that slower individuals at TMT-A reduced their mobility and avoided certain driving situations. It is reasonable to hypothesize that the reduction in processing speed is not perceivable in itself, perhaps because it progresses slowly in the course of aging. However, it may render driving tasks

more difficult, especially tasks where multiple sources of information need to be processed in a limited time. This increased difficulty may lead some subjects to avoid such situations and ultimately to cease driving.

However, individuals with 5 perseverations or more or with fewer than 6 correct transitions at TMT-B (corresponding to very low performance) were more likely to be involved in a crash. Low performances at TMT-B have already been shown to be associated with crash risk in older people.^{5,4,58} The TMT, with its 2 parts—A and B, is one of the most popular neuropsychological tests. Part A and part B share common components such as visual scanning, visual search, processing speed, selective attention, and planning. However, the TMT-A is much easier because the subjects have to follow the automatic order of numbers. The TMT-B is more difficult because it involves additional components such as inhibition and mental flexibility, where subjects have to counteract the automatic following of both number and letter series to alternate between them. The decrease in the common components involved in both parts of TMT may render driving a particularly arduous task and encourage some drivers to cease driving altogether. On the other hand, the cognitive deficits of those who do not stop may reach a stage where flexibility errors appear, thereby putting them more at risk of a crash.

Male sex, poor education, and future dementia were exclusively associated with self-reported crashes. Men ceased driving less frequently than women, and those who continued had a higher crash risk. Irrespective of their age, men are known to have a higher crash risk.^{54,59,60} It is not rare in couples to see women stop driving before their husbands, whereas the husbands more often drive as long as possible to maintain family mobility. The social representation of the driving activity for men may also make it more difficult to stop driving. In our study, drivers with a low educational level have a significantly increased crash risk compared to drivers with secondary educational level or above. In spite of the strong relationship between education and cognitive performances,^{61,62} no study has taken education into account in determining crash risk. As for driving cessation, our results are consistent with 2 studies that also failed to find a significant association with education,^{14,15} although 1 study found that older adults who restrict their driving had fewer years of education.⁴⁵

Finally, future dementia was the only pathology found to be significantly associated with self-reported crashes in our study. The relationship was not

explained by age, sex, education, driving frequency, speed of treatment, and executive function as explored in this study. Indeed, mild attentional and executive dysfunctions were repeatedly found many years before the diagnosis of dementia.⁶³ Vogel et al⁶⁴ have demonstrated an impaired awareness of cognitive deficits among patients with mild cognitive impairments, which may partly explain an insufficient adaptation of drivers with mild attentional and executive impairments.

Limitations

Our findings, based on cross-sectional data analyses, do not permit conclusions relative to the causal relationships underlying driving cessation or crash involvement. Although the follow-up of the cohort was not sufficiently advanced to analyze driving cessation prospectively, the retrospective design spanned 5 years and allowed a sufficient number of cases of driving cessation to be analyzed ($n = 65$). The source of information used to identify drivers involved in a crash may be a second limitation in our study. In France, links with individual crash records or insurance data are not available. Therefore, self-reports constitute the only way to obtain information about crashes for specified individuals. Two studies have analyzed the discrepancy between self-reported and official crash data^{65,66} and concluded that self-reports may provide a reasonable alternative to state records, whereas some reservations have been voiced concerning the different level of risk that may exist between the 2 sources.⁶⁶ In the case of demented subjects, as previously mentioned, we cannot exclude a potential recall bias. However, 2 complementary analyses (one excluding the demented and future demented subjects and one excluding subjects with poor episodic memory) showed that if such a recall bias did exist, it did not invalidate the results for nondemented drivers.

Another limitation of this investigation is that we have no information on crash responsibility. According to the percentages given by Foley et al⁵⁴ only 50% of our drivers would be held responsible.⁵⁴ However, the legal concept of responsibility does not directly reflect driving ability. Both the capacity to avoid other people's driving errors and, more generally, the ability to anticipate their behaviors are vital for driving activity.

A final limitation of our findings relates to the low prevalence of certain pathologies or deficits in the population, possibly leading to reduced statistical power.

Conclusion

The presence of vision difficulties, Parkinson disease, dementia, and stroke history were associated with driving cessation in older drivers. These findings suggest that deficits or their repercussions on driving tasks are perceived either by subjects themselves or by their family circle. Future dementia was the only pathology likely to be associated with self-reported crashes but not associated with driving cessation. Cognitive deficits may not be salient enough to be perceived and acknowledged either by subjects or by their families at this stage. Attentional and executive deficits were associated with both driving cessation and crash involvement. Such deficits, which are more difficult to perceive than visual or motor problems, may become increasingly obvious when drivers encounter greater difficulty and fatigue when driving. Aside from awareness of disorder, social characteristics such as sex and educational level also seem to interfere with both outcomes. The detection of attentional and executive deficits should be included in driving evaluative procedures to help older drivers to become aware of their specific vulnerabilities and encourage them to modify their driving habits accordingly.

Acknowledgments

Funding for this study was provided by the Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières and by the partnership that supports the 3C study. The 3C study is conducted under a partnership agreement between the Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), the Victor Segalen-Bordeaux II University and the Sanofi-Aventis Company. The Fondation pour la Recherche Médicale funded the preparation and initiation of the study. The 3C-Bordeaux study is also supported by the Caisse Nationale de Maladie des Travailleurs Salariés, Direction Générale de la Santé, Conseil Régional of Aquitaine, Fondation de France, and Mutuelle Générale de l'Education Nationale.

References

1. Owsley C, Ball K, McGwin G Jr, et al. Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *JAMA*. 1998;279:1083-1088.

2. Richardson ED, Marottoli RA. Visual attention and driving behaviors among community-living older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003;58:M832-M836.
3. Sims RV, McGwin G Jr, Allman RM, Ball K, Owsley C. Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55:M22-M27.
4. Daigneault G, Joly P, Frigon JY. Executive functions in the evaluation of accident risk of older drivers. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2002;24:221-238.
5. De Raedt R, Ponjaert-Kristoffersen I. The relationship between cognitive/neuropsychological factors and car driving performance in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2000;48:1664-1668.
6. Stutts JC, Stewart JR, Martell C. Cognitive test performance and crash risk in an older driver population. *Accid Anal Prev.* 1998;30:337-346.
7. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). *Ageing and Transport. Mobility Needs and Safety Issues.* Paris, France: OECD Publication; 2001.
8. Foley DJ, Heimovitz HK, Guralnik JM, Brock DB. Driving life expectancy of persons aged 70 years and older in the United States. *Am J Public Health.* 2002;92:1284-1289.
9. Foley DJ, Masaki KH, Ross GW, White LR. Driving cessation in older men with incident dementia. *J Am Geriatr Soc.* 2000;48:928-930.
10. Forrest KY, Bunker CH, Songer TJ, Cohen JH, Cauley JA. Driving patterns and medical conditions in older women. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45:1214-1218.
11. Freeman EE, Munoz B, Turano KA, West SK. Measures of visual function and time to driving cessation in older adults. *Optom Vis Sci.* 2005;82:765-773.
12. Gilhotra JS, Mitchell P, Ivers R, Cumming RG. Impaired vision and other factors associated with driving cessation in the elderly: the Blue Mountains Eye Study. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2001;29:104-107.
13. Jette AM, Branch LG. A ten-year follow-up of driving patterns among community-dwelling elderly. *Hum Factors.* 1992;34:25-31.
14. Marottoli RA, Ostfeld AM, Merrill SS, Perlman GD, Foley DJ, Cooney LM Jr. Driving cessation and changes in mileage driven among elderly individuals. *J Gerontol Soc Sci.* 1993;48:S255-S260.
15. Anstey KJ, Windsor TD, Laszcz MA, Andrews GR. Predicting driving cessation over 5 years in older adults: psychological well-being and cognitive competence are stronger predictors than physical health. *J Am Geriatr Soc.* 2006;54:121-126.
16. Adler G, Kuskowski M. Driving cessation in older men with dementia. *Alzheimer Dis Assoc Disord.* 2003;17:68-71.
17. Freeman EE, Munoz B, Turano KA, West SK. Measures of visual function and their association with driving modification in older adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:514-520.
18. Gilley DW, Wilson RS, Bennett DA, et al. Cessation of driving and unsafe motor vehicle operation by dementia patients. *Arch Intern Med.* 1991;151:941-946.
19. Sims RV, McGwin G, Jr, Allman RM, Ball K, Owsley C. Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55:22-27.
20. Kazui H, Hirono N, Hashimoto M, et al. Symptoms underlying unawareness of memory impairment in patients with mild Alzheimer's disease. *J Geriatr Psychiatry Neurol.* 2006;19:3-12.
21. Cotrell V, Wild K. Longitudinal study of self-imposed driving restrictions and deficit awareness in patients with Alzheimer disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord.* 1999;13:151-156.
22. Carr DB, Duchek J, Morris JC. Characteristics of motor vehicle crashes of drivers with dementia of the Alzheimer type. *J Am Geriatr Soc.* 2000;48:18-22.
23. Trobe JD, Waller PF, Cook-Flannagan CA, Teshima SM, Bieliauskas LA. Crashes and violations among drivers with Alzheimer disease. *Arch Neurol.* 1996;53:411-416.
24. Dubinsky RM, Williamson A, Gray CS, Glatt SL. Driving in Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc.* 1992;40:1112-1116.
25. Johansson K, Bogdanovic N, Kalimo H, Winblad B, Viitanen M. Alzheimer's disease and apolipoprotein E epsilon 4 allele in older drivers who died in automobile accidents. *Lancet.* 1997;349:1143-1144.
26. Tuokko H, Tallman K, Beattie BL, Cooper P, Weir J. An examination of driving records in a dementia clinic. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 1995;50:S173-S181.
27. Drachman DA, Swearer JM. Driving and Alzheimer's disease: the risk of crashes. *Neurology.* 1993;43:2448-2456.
28. Cooper PJ, Tallman K, Tuokko H, Beattie BL. Vehicle crash involvement and cognitive deficit in older drivers. *J Safety Res.* 1993;24:9-17.
29. Salthouse TA. Aging and measures of processing speed. *Biol Psychol.* 2000;54:35-54.
30. Hasher L, Stoltzfus ER, Zacks RT, Rypma B. Age and inhibition. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1991;17:163-169.
31. The 3C Study Group. Vascular factors and risk of dementia: design of the Three-City Study and baseline characteristics of the study population. *Neuroepidemiology.* 2003;22:316-325.
32. Rosow I, Breslau H. A Guttman health scale for the aged. *J Gerontol.* 1966;21:556-559.
33. Folstein M, Folstein S, McHugh P. Mini Mental State : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res.* 1975;12:189-198.
34. Benton A. *Manuel pour l'application du test de Rétention Visuelle. Applications Cliniques et Expérimentales.* Paris, France: Centre de Psychologie Appliquée; 1965.
35. Isaacs B, Kennie A. The set test as an aid to the detection of dementia in old people. *Br J Psychiatry.* 1973;45:957-962.

182 *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology* / Vol. 21, No. 3, September 2008

36. Reitan R. Validity of the trail making test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills*. 1965;8:271-276.
37. Amieva H, Lafont S, Auriaud S, et al. Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol*. 1998;20:280-285.
38. Dartigues JF, Commenges D, Letenneur L, et al. Cognitive predictors of dementia in elderly community residents. *Neuroepidemiology*. 1997;16:29-39.
39. Morris JC. The Clinical Dementia Rating (CDR): current version and scoring rules. *Neurology*. 1993;43:2412-2414.
40. American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. Washington, DC: APA; 1994.
41. Radloff L, Teri L. The CES-D scale. A self report depression scale for research in the general population. *Appl Psychol Meas*. 1977;1:385-401.
42. Fuhrer R, Rouillon F. La version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale). Description et traduction de l'échelle d'auto-évaluation (in French). *Psychiatr Psychobiol*. 1989;4: 163-166.
43. Centre National Hospitalier d'Information sur le Médicament. *Anatomical Therapeutic Chemical (ATC) Classification System*. Oslo, Norway: WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology; 2000.
44. Hakamies-Blomqvist L, Wahlstrom B. Why do older drivers give up driving? *Accid Anal Prev*. 1998;30:305-312.
45. West CG, Gildengorin G, Haegerstrom-Portnoy G, Lott LA, Schneck ME, Brabyn JA. Vision and driving self-restriction in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51: 1348-1355.
46. Margolis KL, Kerani RP, McGovern P, Songer T, Cauley JA, Ensrud KE. Risk factors for motor vehicle crashes in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2002; 57:186-191.
47. McGwin G Jr, Sims RV, Pulley L, Roseman JM. Relations among chronic medical conditions, medications, and automobile crashes in the elderly: a population-based case-control study. *Am J Epidemiol*. 2000; 152:424-431.
48. Anstey KJ, Wood J, Lord S, Walker JC. Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clin Psychol Rev*. 2005;25:45-65.
49. Campbell MK, Bush TL, Hale WE. Medical conditions associated with driving cessation in community-dwelling, ambulatory elders. *J Gerontol*. 1993;48:S230-S234.
50. Hu PS, Trumble DA, Foley DJ, Eberhard JW, Wallace RB. Crash risks of older drivers: a panel data analysis. *Accid Anal Prev*. 1998;30:569-581.
51. Sims RV, Owsley C, Allman RM, Ball K, Smoot TM. A preliminary assessment of the medical and functional factors associated with vehicle crashes by older adults. *J Am Geriatr Soc*. 1998;46:556-561.
52. Zesiewicz TA, Cimino CR, Malek AR, et al. Driving safety in Parkinson's disease. *Neurology*. 2002;59:1787-1788.
53. Fisk GD, Owsley C, Mennemeier M. Vision, attention, and self-reported driving behaviors in community-dwelling stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83: 469-477.
54. Foley DJ, Wallace RB, Eberhard J. Risk factors for motor vehicle crashes among older drivers in a rural community. *J Am Geriatr Soc*. 1995;43:776-781.
55. Talbot A, Bruce I, Cunningham CJ, et al. Driving cessation in patients attending a memory clinic. *Age Ageing*. 2005;34:363-368.
56. Lefrancois R, D'Amours M. Exposure and risk factors among elderly drivers: a case-control study. *Accid Anal Prev*. 1997;29:267-275.
57. Ball KK, Roenker DL, Wadley VG, et al. Can high-risk older drivers be identified through performance-based measures in a Department of Motor Vehicles setting? *J Am Geriatr Soc*. 2006;54:77-84.
58. Lundberg C, Hakamies-Blomqvist L, Almkvist O, Johansson K. Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. *Accid Anal Prev*. 1998;30:371-377.
59. Ryan GA, Legge M, Rosman D. Age related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accid Anal Prev*. 1998;30:379-387.
60. Martin JL, Lafont S, Chiron M, Gadegebeu B, Laumon B. Différences entre les hommes et les femmes face au risque routier (full text in English on www.e2med.com/resp). *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2004;52:357-367.
61. Le Carret N, Lafont S, Mayo W, Fabrigoule C. The effect of education on cognitive performances and its implication for the constitution of the cognitive reserve. *Dev Neuropsychol*. 2003;23:317-337.
62. Evans DA, Beckett LA, Albert MS, et al. Level of education and change in cognitive function in a community population of older persons. *Ann Epidemiol*. 1993;3:71-77.
63. Backman L, Jones S, Berger AK, Laukka EJ, Small BJ. Multiple cognitive deficits during the transition to Alzheimer's disease. *J Intern Med*. 2004;256:195-204.
64. Vogel A, Stokholm J, Gade A, Andersen BB, Hejl AM, Waldemar G. Awareness of deficits in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: do MCI patients have impaired insight? *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2004;17:181-187.
65. Marottoli RA, Cooney LM Jr, Tinetti ME. Self-report versus state records for identifying crashes among older drivers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997; 52:M184-M187.
66. McGwin G Jr, Owsley C, Ball K. Identifying crash involvement among older drivers: agreement between self-report and state records. *Accid Anal Prev*. 1998; 30:781-791.

[A39]



Accident Analysis and Prevention 40 (2008) 289–294

**ACCIDENT
ANALYSIS
&
PREVENTION**

www.elsevier.com/locate/aap

The impact of driver age on lost life years for other road users in France: A population based study of crash-involved road users

Sylviane Lafont^{a,*}, Emmanuelle Amoros^{b,c}, Blandine Gadegbeku^{b,c},
Mireille Chiron^{b,c}, Bernard Laumon^{b,c}

^a Transportation, Occupational and Environmental Epidemiology Research and Surveillance Unit (UMRESTTE), Joint Unit of the University of Lyon (University Lyon 1), Lyon, F-69008, France

^b Transportation, Occupational and Environmental Epidemiology Research and Surveillance Unit (UMRESTTE), Joint Unit of the French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Bron, F-69500, France

^c Transportation, Occupational and Environmental Epidemiology Research and Surveillance Unit (UMRESTTE), Joint Unit of the French Institute for Public Health Surveillance (InVS), Saint-Maurice, F-94410, France

Received 9 January 2007; received in revised form 14 May 2007; accepted 31 May 2007

Abstract

Background: One of the concerns in road safety is the threat older drivers may pose to other road users. Using the rate of lost life years, the present study provides a public health approach to quantify this potential threat.

Methods: A total of 1 570 686 motorised vehicle drivers or motorcycle riders and 652 246 non-drivers, i.e. vehicle passengers, pedestrians and cyclists involved in injury crashes in France between 1996 and 2004, were included in a population based cross-sectional study. Fatality rates and rate of lost life years for each crash-involved driver age class were calculated for the drivers themselves and for other road users.

Results: The study has shown a significant reduction in the rate of lost life years for crash-involved other road users (whether passengers, pedestrians, cyclists or opposing drivers) as driver age increases. Other road users lost half as many years of life when involved in crashes with drivers aged over 85 than with drivers under 65 (1.26 and 2.32 per 100 expected remaining life years, respectively).

Conclusion: Our findings suggest that among road users involved in injury crashes, older drivers are less dangerous for the other road users. By attributing other road users' lost life years to each driver age, this study represents a new contribution to the debate about ageing and road safety.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Fatality; Lost life years; Older drivers; Road crashes; Risk to other road users

1. Introduction

Road-traffic accidents are expected to become the 3rd leading cause of the worldwide burden of disease or injury in 2030 (Mathers and Loncar, 2006). Demographic shifts will also occur over the coming decades. By the year 2030 the proportion of individuals aged 65 years and over is expected to reach about 25.2% in Western Europe and 19.2% in the United States of America (United Nations Population Division, 2004). It is likely that the proportion of older drivers in the driving population will rise too, as more and more older women will hold a driving

license and those who are already licensed will want to continue driving for as long as possible.

Older drivers represent a specific population and are the subject of specific road safety concerns. Although the elderly drive less on high-speed roads, at night (Keall and Frith, 2004) and under the influence of alcohol (Laumon et al., 2005), studies have identified an increased crash rate per mile driven for drivers aged 70 years or over in comparison with middle-aged drivers (Ryan et al., 1998; Dellinger et al., 2002; Li et al., 2003), mainly explained by low annual travel distances. At the same time the elderly are experiencing changing physiological and cognitive functions (Owsley et al., 1998; Stutts et al., 1998; Daigneault et al., 2002) and this too might contribute to this excess involvement of older drivers. Furthermore, the presence of age-related driver frailty has been demonstrated in most of the studies, often leading to more serious injuries per crash among older than younger drivers (Evans, 2000; Valent et al., 2002;

* Corresponding author. Tel.: +33 4 72 14 25 17; fax: +33 4 72 14 25 20.

E-mail addresses: sylviane.lafont@inrets.fr (S. Lafont), emmanuelle.amoros@inrets.fr (E. Amoros), blandine.gadegbeku@inrets.fr (B. Gadegbeku), mireille.chiron@inrets.fr (M. Chiron), bernard.laumon@inrets.fr (B. Laumon).

Lafont and Laumon, 2003; Li et al., 2003; Braver and Trempe, 2004). Although driver safety constitutes a real public health issue in its own right, another concern is the potential threat older drivers may pose to other road users, which could provide grounds for introducing or maintaining evaluative procedures for older drivers.

Few studies have explored the issue of the risk to other road users. Among these studies there seems to be a consensus that there are more deaths per million miles driven (or per driver) for the drivers themselves than for other road users (Dulisse, 1997; Evans, 2000; Braver and Trempe, 2004; Dellinger et al., 2004). They have also identified a higher rate of death per driver for other road users with increasing driver age. Braver et al. found a higher risk of passenger death for drivers aged 70+ compared to drivers aged 30–59 (Braver and Trempe, 2004). Dellinger et al. found more deaths among passengers, cyclists or pedestrians per distance driven for drivers aged 75+ years in comparison to drivers aged 20–74 (Dellinger et al., 2004). In the study by Dulisse, drivers aged 75–84 years were associated with slightly more deaths of people outside the driver's vehicle per 100 million driver miles than drivers aged under 65 (Dulisse, 1997). Lastly, Evans concluded that drivers over 70 have a greater risk of striking a pedestrian, per mile travelled, than 40-year-old drivers (Evans, 2000).

However, none of these studies took the age of the other road users into account. It is quite possible that age-related frailty is as important a factor for other road users as it is for drivers. In addition, previous studies provided a partial assessment of the threat that older drivers pose to other road users, as their analyses did not include all types of crashes and all road users. To do this, when an accident involves several motorized vehicles it is necessary to know each driver's degree of responsibility. Some authors have already proposed an evaluation of this responsibility (Robertson and Drummer, 1994; Laumon et al., 2005) based on information such as driving offences, assignment of responsibility by the police and factors that relate to the vehicle and the road conditions. Nevertheless, the concept of responsibility remains difficult to define. For a driver to be responsible for a fatal crash means that he or she played a significant role not only in its occurrence but also its outcome. However, whether or not an accident is fatal is also determined by factors which do not enter into the responsibility evaluation, such as the age or the state of health of those involved. An older driver is frailer and therefore more likely to be involved in a fatal accident than a younger driver, and therefore more likely to be assigned responsibility for a fatal accident. In order to overcome this selection bias, this paper proposes an alternative method to that previously used which makes assumptions neither about the causes of the crash nor whether it had a fatal outcome.

The objective of the present study was to gain a better understanding of the issues relating to driver age by using lost life years to take the age of all crash-involved users into account. Introduced by Dempsey in 1947 in the United States in order to quantify premature mortality due to tuberculosis, lost life years are used today in the field of public health for causes of death that particularly affect the young population, such

as suicide (Gunnell and Middleton, 2003), AIDS (Heath et al., 1998) and, more recently, traumatic injuries (Wiebe et al., 2006).

2. Methods

2.1. Study population

The study included all road traffic injury crashes recorded by police forces between 1996 and 2004 in France. A road injury crash was defined as a crash involving at least one moving vehicle, occurring on a public roadway and causing at least one casualty (either dead or injured). To simplify, crashes involving more than three motorized vehicles were excluded since without them the sample already contained 94.5% of all injury crashes. Some additional crashes were excluded from the analysis because of missing data (1.7%). The sample consisted of 961 509 injury crashes involving one, two or three motorized vehicles. All the people involved in the crash, whether uninjured, injured or killed were included in the study.

The drivers consisted of both motor vehicle drivers and motorcycle riders and were divided into four age classes: 14–64, 65–74, 75–84 and 85+ years. The category "other road users" included all the passengers, pedestrians, cyclists and opposing drivers involved in the crash. The other road users were grouped into three age categories: children (0–17 years), intermediate age (18–74 years) and older (75+ years). Although the frailty of individuals aged 65–74 is between that of individuals aged 18–64 and 75+, they were included in the intermediate category. This was done to avoid having too many categories of "other road users" and to isolate extremely frail individuals, i.e. those aged 75 and over.

2.2. Outcomes: fatality and lost life years

Fatality was defined as death occurring within 6 days of the crash. Lost life years were assessed using an estimation of how long the road users would be expected to live based on their age at the time of the crash. Age-adjusted life expectancy in France has been assessed for the year 2001 for both genders and each 5-year age class between 0 and 85 years old (INED, 2003). This gives the number of expected remaining life years for all crash-involved road users (including fatalities) and the number of lost life years of every fatality.

2.3. Equal Contribution Method

The method was developed to calculate the outcomes by driver age. We have called it the Equal Contribution Method as all the drivers involved in a given crash (d = number of drivers, $d = 1, 2$ or 3) are deemed to have contributed equally to it. In other words, crash involvement and vital status are assigned with an equal weight ($1/d$) to each driver. For example, in a crash involving three drivers and four passengers which results in one fatality (a 44-year-old man), $1/3$ of the involvement of each passenger and $1/3$ of the passenger fatality is assigned to each of the three drivers. In 2001, the age-adjusted life expectancy of a 44-year-

old man was assessed as 35 years left to live, so 35/3 lost life years are attributed to each driver.

In a one-vehicle crash, driver involvement and driver vital status are entirely assigned to the driver. Otherwise, they are assigned both to themselves and each opposing driver with the same weight (1/d).

2.4. Statistical analyses

Both outcomes, fatality rates and lost life year rates, were estimated for each driver age class. The numbers of crash-involved users, fatalities, lost life years and expected remaining life years were distributed using the Equal Contribution Method described above. The fatality rate per crash-involved driver aged 65–74 (for example) was obtained by dividing the number of driver fatalities aged 65–74 by the number of crash-involved drivers in this age class. The fatality rate per crash-involved other road user was obtained by dividing the number of fatalities among other road users attributed to drivers aged 65–74 by the total number of other road users involved in a crash with drivers aged 65–74.

The rate of lost life years for crash-involved drivers aged 65–74 was obtained by dividing the number of lost life years for drivers aged 65–74 by the number of expected remaining life years for all drivers in this age range and in all crashes. The rate of lost life years for crash-involved other road users attributable to drivers aged 65–74 was obtained by taking the total number of lost life years for other road users who were killed when involved in a crash with drivers aged 65–74 and dividing it by the total number of expected remaining life years for all other road users involved in a crash with drivers aged 65–74 years. Cochran-Armitage trend tests were computed to compare fatality rates and lost life year rates, depending on the driver's age. The analyses were performed using SAS, version 9.1 (SAS Institute, Inc., Cary, NC).

3. Results

3.1. Sample description

The proportion of crashes involving one, two and three motorized vehicles was 42.0, 52.7 and 5.3%, respectively. A total of 2 222 932 crash-involved road users were included in the study: 40.3% of them were uninjured, 56.8% were injured and 2.8% were killed.

Table 1 describes the study population. 70.7% of all the road users drove motorized vehicles and 71.8% of this group were car drivers. Of the 652 246 non-drivers, 69.7% were passengers, 23.1% were pedestrians and 7.2% were cyclists. The children and intermediate aged people among the non-drivers were mostly passengers while the older individuals were mostly pedestrians.

Table 2 summarizes the characteristics of the drivers. The proportion of car drivers steadily increased with age and exceeded 90% for those over 65 years of age. The age of the passengers, pedestrians, cyclists and opposing drivers increased significantly with driver age (F -test, $p < 0.0001$). Drivers under 65 were sig-

Table 1
Characteristics of the study population, $N = 2\,222\,932$ crash-involved users, France, 1996–2004

	Crash-involved users		Number of deaths
	Number	%	
All motorized drivers			
Car drivers	1 127 455	71.8	28 077
Motorcycle riders	322 132	20.5	10 305
Other drivers	121 099	7.7	1817
All	1 570 686	100.0	40 199
Non drivers			
0–17 years			
Passengers	120 013	67.0	2376
Pedestrians	44 942	25.1	733
Cyclists	14 160	7.9	386
18–74 years			
Passengers	319 895	73.4	9707
Pedestrians	85 324	19.6	3934
Cyclists	30 555	7.0	1316
75+ years			
Passengers	14 906	39.9	1182
Pedestrians	20 380	54.5	2042
Cyclists	2 071	5.6	297

nificantly more often alone in their vehicle than drivers over 65 (80.6% vs. 73.2%, $p < 0.001$). More than 82% of the passengers in vehicles with a driver aged over 85 years were older passengers (75+).

The proportions of drivers involved in one-, two- or three-vehicle crashes were fairly constant in the four age classes: for one-vehicle crashes, the respective percentages for the different age classes were 25.8, 23.4, 25.7 and 28.9%.

3.2. Number of fatalities and lost life years based on the Equal Contribution Method

Table 3 reports the estimated number of fatalities and lost life years for crash-involved drivers and crash-involved other road users attributable to each driver age class, using the Equal Contribution Method. The distributions of other road user fatalities according to their age varied greatly across driver age, with a much higher proportion of young and intermediate age fatalities for drivers under 65 than for drivers over 85. The same tendencies were observed for lost life years with a lower proportion of older people's (75+) lost life years attributed to drivers under 65 than to drivers over 85.

3.3. Fatality rates based on the Equal Contribution Method

The fatality rates per crash-involved driver increased significantly with the driver's age, rising to 9.1% for the oldest (Table 4). The fatality rates for crash-involved children and for the intermediate age group of other road users decreased significantly with the driver's age and did not change significantly for the oldest other road users. Conversely, fatality rates for all ages

Table 2
Characteristics of the crash-involved users by driver age, $N = 1\,570\,686$ drivers, France, 1996–2004

	Age of driver			
	<65	65–74	75–84	85+
Number of drivers	1 468 196	64 862	32 641	4987
Type of driver (%)				
Car drivers	70.3	92.7	94.4	94.5
Motorcycle riders	21.7	4.2	3.5	3.4
Other vehicle drivers	8.0	3.1	2.1	2.1
In driver's vehicle				
At least one passenger (%)	19.4	27.2	26.8	21.8
Number of passengers	421 323	22 148	10 151	1192
Age of passengers (%)				
0–17 years	27.9	8.9	3.3	1.7
18–74 years	70.6	79.6	44.6	15.9
75+ years	1.5	11.5	52.1	82.4
Age (years) of the other road users, mean (S.D.)				
Passengers	28.8 (18.4)	47.1 (24.6)	52.8 (26.7)	53.7 (29.6)
Pedestrians	38.7 (25.9)	42.7 (27.6)	46.7 (26.7)	52.0 (25.9)
Cyclists	33.8 (20.9)	37.6 (22.0)	41.4 (21.3)	43.0 (20.2)
Opposing drivers	36.9 (15.0)	37.7 (16.0)	38.3 (15.9)	38.5 (15.5)

of other road users put together increased significantly with the driver's age.

The fatality rates for crash-involved passengers aged 75+ increased significantly with the driver's age, explaining the overall increase for passengers, even though child passenger fatality rates decreased with the driver's age. Both for each age class individually and all ages, fatality rates for crash-involved pedestrians, cyclists and opposing drivers diminished (significantly most of the time) with the age of the crash-involved drivers.

Table 3
Fatalities and lost life years attributable to each driver age class, using the Equal Contribution Method, France, 1996–2004

	Age of driver				
	<65	65–74	75–84	85+	All
Fatalities					
Drivers, n	25 238	1663	1256	288	28 445
Other road users, n	31 202	1615	796	114	33 727
By age categories (%)					
0–17	12.4	6.3	3.1	3.9	3989
18–74	75.8	73.4	51.0	30.0	25 293
75+	11.8	20.3	45.9	66.1	4445
All	100.0	100.0	100.0	100.0	33 727
Lost life years					
Drivers, n	1 116 573	26 629	10 832	1229	1 152 263
Other road users, n	1 244 090	45 372	16 635	1808	1 307 905
By age categories (%)					
0–17	20.6	15.0	9.5	16.9	265 350
18–74	77.1	79.5	71.2	53.4	1 008 172
75+	2.3	5.5	19.3	29.7	34 383
All	100.0	100.0	100.0	100.0	1 307 905

3.4. Lost life years based on the Equal Contribution Method

Drivers aged 75+ years accounted for 1.0% of the total number of lost life years for drivers and 1.4% for other road users, while representing 2.4% of all drivers. In contrast to what occurred for drivers, the rate of lost life years for other road users decreased significantly with driver age (Table 5). Analysis of each category of crash-involved other road user revealed the same tendency with a significant reduction in the rate of lost life years with increasing driver age.

The rates of lost life years for other road users calculated for younger driver age classes were as follows: 2.30 per 100 expected remaining life years were lost when the other road users were involved in an accident with a 14–24-year-old driver, 2.39 with a 25–34-year-old driver, 2.29 with a 35–44-year-old driver, 2.35 with a 45–54-year-old driver and lastly 2.15 with a driver aged 55–64.

4. Discussion

Our study showed that, among drivers involved in injury crashes, older drivers are responsible for the lowest rate of lost life years for other road users, whether they be passengers, pedestrians, cyclists or opposing drivers. It should be kept in mind that our study dealt with road users involved in an injury crash. As no exposure data (such as vehicle-miles travelled) were available we could not estimate the risk of involvement in injury crashes.

Considering lost life years provides a way of taking the age of the other road users directly into account. Our results with regard to fatality rates show the crucial importance of taking age into account. Although the overall fatality rates of the other

Table 4
Fatality rates for drivers and other road users by driver age, using the Equal Contribution Method, France, 1996–2004

	Age of driver				Trend test ^a p-value
	<65	65–74	75–84	85+	
Drivers ^b	2.81	4.27	6.26	9.12	<0.001 ⁽ⁱ⁾
Others road users					
0–17 ^c	1.94	1.29	0.77	1.06	<0.001 ^(d)
18–74	2.54	2.64	2.01	1.21	<0.001 ^(d)
75+	8.70	8.02	7.96	8.98	0.1
All ages	2.66	2.84	2.85	2.79	0.003 ⁽ⁱ⁾
Passengers					
0–17	2.03	0.97	0.55	0.48	<0.001 ^(d)
18–74	3.01	3.46	3.18	1.06	0.1
75+	7.57	8.42	8.34	9.52	0.03 ⁽ⁱ⁾
All ages	2.84	3.47	4.50	4.80	0.001 ⁽ⁱ⁾
Pedestrians					
0–17	1.65	1.62	0.56	1.06	0.04 ^(d)
18–74	4.72	3.79	2.24	3.11	<0.001 ^(d)
75+	10.25	7.80	8.45	8.87	0.01 ^(d)
All ages	4.52	3.90	3.19	4.27	<0.001 ^(d)
Cyclists					
0–17	2.77	2.05	1.81	4	0.4
18–74	4.38	3.80	3.37	3.67	0.05 ^(d)
75+	15.1	10.9	8.85	0.00	0.01 ^(d)
All ages	4.34	3.78	3.43	3.77	0.03 ^(d)
Opposing drivers					
0–17	1.63	1.27	1.07	0.59	0.1
18–74	1.85	1.83	1.28	0.54	<0.001 ^(d)
75+	6.48	6.85	3.57	4.35	0.08
All ages	1.95	1.95	1.34	0.63	<0.001 ^(d)

The values are rates per 100 crash-involved road users. Example: Passengers who are involved in a crash with at least one driver aged less than 65 years have a fatality rate of 2.84; the rate is 4.80% for drivers aged 85 years and over.

^a Cochran-Armitage Trend Test (two-sided); (i) increase; (d) decrease.

^b Each driver contributed to his or her driver age class with a weight equal to $1/d$ (d = number of drivers involved in the crash).

^c The group of "other road users" was made up of passengers, pedestrians, cyclists and opposing drivers. Passengers, pedestrians and cyclists were assigned to each age class of driver involved in the crash with a weight equal to $1/d$. When two or more drivers were involved in the crash, each driver contributed (as an opposing driver) to the age class of the other drivers with a weight equal to $1/d$ ($d > 1$).

^d Child cyclists were omitted as there numbers were too small for accurate assessment (two of the 386 child fatalities observed during the period).

road users increased significantly with driver age, there was actually a significant decrease in fatality rates when children and the intermediate-age group were considered separately. This example of the Simpson paradox occurred because the number of observations was vastly different across both driver and other road user age categories (Simpson, 1951). In our study, 92.5% of the other road user fatalities were attributable to drivers aged under 65, 4.8% to drivers aged between 65 and 74, 2.4% to drivers aged between 75 and 84, and 0.3% to drivers over 85

Table 5
Rate of lost life years for drivers and other road users by driver age, using the Equal Contribution Method, France, 1996–2004

	Age of driver				Trend test ^a p-value
	<65	65–74	75–84	85+	
Drivers ^b	2.79	4.17	6.15	9.09	<0.001 ⁽ⁱ⁾
Other road users ^c	2.32	2.06	1.66	1.26	<0.001 ^(d)
Passengers	2.62	2.25	2.28	1.64	<0.001 ^(d)
Pedestrians	3.01	2.56	1.89	2.10	<0.001 ^(d)
Cyclists	3.24	2.61	2.29	3.94	<0.001 ^(d)
Opposing drivers	1.80	1.75	1.27	0.51	<0.001 ^(d)

Values are rates per 100 expected remaining life years of crash-involved road users. Example: Pedestrians involved in a crash with at least one driver aged less than 65 years lost 3.01% of their remaining life years.

^a Cochran-Armitage Trend Test (two-sided); (i) increase; (d) decrease.

^b Each driver contributed to his or her driver age class with a weight equal to $1/d$ (d = number of drivers involved in the crash).

^c The group of "other road users" was made up of passengers, pedestrians, cyclists and opposing drivers. Passengers, pedestrians and cyclists were assigned to each age class of driver involved in the crash with a weight equal to $1/d$. When two or more drivers were involved in the crash, each driver contributed (as an opposing driver) to the age class of the other drivers with a weight equal to $1/d$ ($d > 1$).

years old. When these proportions were associated with the various distributions according to the other road user age categories reported in Table 3, it explained the apparent contradiction between the results for each other road user age category and the overall result for all ages.

The method described here estimated the contribution of drivers to the risk experienced by other road users independently from their responsibility for the crash.

We consider that this was justified because our aim was to investigate the effect of age. Older drivers are at greater risk of being involved in a fatal accident not only because of their greater frailty but also because of the greater frailty of the other road users involved in the crash. This is because the average age of the other road users increases with driver age. One could reasonably expect older drivers to have older passengers in their vehicles. However, at first sight, it is more surprising to observe the same tendency as regards the pedestrians, cyclists and opposing drivers who are involved in crashes with older drivers, although the increase is admittedly small in the last case. Several factors explain this link between the age of drivers and the age of the other road users among crash-involved users. Firstly, sociocultural and environmental factors (same locations, same choice of road type, same type of journey and same times of day) could explain why older drivers have accidents which involve older pedestrians and cyclists. In addition, there are physical health factors related to increasing age such as visual or hearing deficiencies or difficulties in moving which may also reduce the ability of the other road users to avoid a crash. Finally, ageing is responsible for a general slow down in information processing and decision-making (Hasher et al., 1991; Salthouse, 2000). This slow down in the case of both drivers and other road users may make it difficult to avoid a crash.

Although our choice of method is justified on the above grounds, it is interesting to consider whether an approach that took account of responsibility would modify the findings. The conclusions reached would be similar if the main factors associated with responsibility had the same distribution across driver ages. This is not, for example, the case for alcohol which has been found to be the main factor associated with responsibility (Robertson and Drummer, 1994; Laumon et al., 2005): the literature shows that older drivers are under-represented in crashes involving drink-driving or speeding (Chipman et al., 1992; Hakamies-Blomqvist, 1993; Hakamies-Blomqvist, 1994; Laumon et al., 2005). Consequently, the Equal Contribution Method overestimates the contribution of older drivers. Of course, the factors that have been mentioned above in order to explain the link between the age of drivers and the age of the other road users may also be involved in determining responsibility. For example, attentional deficits play a particularly strong role in the occurrence of accidents involving older persons (Stutts et al., 1998; Sims et al., 2000; Daigneault et al., 2002; Lafont et al., in press). On these grounds it therefore seemed important to investigate the threat that older drivers may pose to other road users using a method which made no assumptions neither about the causes of the crash or whether it had a fatal outcome.

Dellinger et al. have proposed a similar method which attributed half the deaths to each driver, but their sample was limited to two-vehicle crashes. None of the other studies that have dealt with the risk to others has provided an assessment that included all the configurations of motorized vehicle crashes. This was possible in this study because the Equal Contribution Method avoids double counting in multiple vehicle crashes. It should be emphasized that this method can be applied to any driver characteristic other than age: fatality or lost life years could be attributed to gender, socio-occupational factors, journey type (business, commuting and private), driving exposure levels (time spent travelling, distance travelled ...), vehicle weight or other driver or vehicle characteristics.

5. Conclusion

Our public health approach has demonstrated that for users involved in an injury crash, elderly drivers are responsible for fewer lost life years among other drivers than either middle aged or young drivers. This overall result, which is based on an analysis of all drivers involved in an injury crash, should not however make us overlook the fact that some older drivers may have physiological deficits and/or cognitive deficits, especially attentional and executive deficits, which may impair their driving abilities. Moreover, such cognitive deficits may not be perceived by the subjects or their families, and thus interfere with the normal gradual process of ceasing to drive. Research must thus continue to identify older drivers who present cognitive deficits and help them give up driving. In the meantime, our findings show how it is difficult to find relevant criteria to justify the introduction or the maintenance of evaluative procedures which restrain driving activities for a specific age group of drivers.

References

- Braver, E.R., Trempe, R.E., 2004. Are older drivers actually at higher risk of involvement in collisions resulting in deaths or non-fatal injuries among their passengers and other road users? *Inj. Prev.* 10 (1), 27–32.
- Chipman, M.L., MacGregor, C.G., Smiley, A.M., Lee-Gosselin, M., 1992. Time vs. distance as measures of exposure in driving surveys. *Accid. Anal. Prev.* 24 (6), 679–684.
- Daigneault, G., Joly, P., Frigon, J.Y., 2002. Executive functions in the evaluation of accident risk of older drivers. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 24 (2), 221–238.
- Dellinger, A.M., Kresnow, M.J., White, D.D., Sehgal, M., 2004. Risk to self versus risk to others: how do older drivers compare to others on the road? *Am. J. Prev. Med.* 26 (3), 217–221.
- Dulisse, B., 1997. Older drivers and risk to other road users. *Accid. Anal. Prev.* 29 (5), 573–582.
- Evans, L., 2000. Risks older drivers face themselves and threats they pose to other road users. *Int. J. Epidemiol.* 29 (2), 315–322.
- Gunnell, D., Middleton, N., 2003. National suicide rates as an indicator of the effect of suicide on premature mortality. *Lancet* 362 (9388), 961–962.
- Hakamies-Blomqvist, L., 1993. Fatal accidents of older drivers. *Accid. Anal. Prev.* 25 (1), 19–27.
- Hakamies-Blomqvist, L., 1994. Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accid. Anal. Prev.* 26 (1), 107–112.
- Haeh, L., Stoltzfus, E.R., Zacks, R.T., Rypma, B., 1991. Age and inhibition. *J. Exp. Psychol.: Learning Memory Cogn.* 17 (1), 163–169.
- Heath, K.V., Frank, O., Montaner, J.S., O'Shaughnessy, M.V., Schechter, M.T., Hogg, R.S., 1998. Human immunodeficiency virus (HIV)/acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) mortality in industrialized nations, 1987–1991. *Int. J. Epidemiol.* 27 (4), 685–690.
- INED, 2003. Institut national de la statistique et des études économiques (France). La situation démographique en 2001: mouvement de la population. Paris, INSEE.
- Keall, M.D., Frith, W.J., 2004. Older driver crash rates in relation to type and quantity of travel. *Traffic Inj. Prev.* 5 (1), 26–36.
- Lafont, S., Laumon, B., 2003. Ageing and injury severity among road traffic accident victims (abridged version in English). *Recherche Transports Sécurité* 79, 121–133.
- Lafont, S., Laumon, B., Helmer, C., Dartigues, J.F., Fabrigoule, C. Driving cessation and self reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J. Geriatric Psychiatry Neurol.*, in press.
- Laumon, B., Gadegebe, B., Martin, J.L., Biecheler, M.B., 2005. Cannabis intoxication and fatal road crashes in France: population based case-control study. *BMJ* 331 (7529), 1371.
- Li, G., Braver, E., Chen, L., 2003. Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accid. Anal. Prev.* 35, 227–235.
- Mathers, C.D., Loncar, D., 2006. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Med.* 3 (11), e442.
- Robertson, M.D., Drummer, O.H., 1994. Responsibility analysis: a methodology to study the effects of drugs in driving. *Accid. Anal. Prev.* 26 (2), 243–247.
- Salthouse, T.A., 2000. Aging and measures of processing speed. *Biol. Psychol.* 54 (1–3), 35–54.
- Simpson, E.H., 1951. The interpretation of interaction in contingency tables. *J. R. Stat. Soc. Ser. B* 13, 238–241.
- Sims, R.V., McGwin Jr., G., Allman, R.M., Ball, K., Owsley, C., 2000. Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 55 (1), M22–M27.
- Stutts, J.C., Stewart, J.R., Martell, C., 1998. Cognitive test performance and crash risk in an older driver population. *Accid. Anal. Prev.* 30 (3), 337–346.
- United Nations Population Division, 2004. World Population Prospects: The 2002 Revision Population Database.
- Valent, F., Schiava, F., Savonitto, C., Gallo, T., Brusaferrro, S., Barbone, F., 2002. Risk factors for fatal road traffic accidents in Udine, Italy. *Accid. Anal. Prev.* 34 (1), 71–84.
- Wiebe, D.J., Nance, M.L., Branas, C.C., 2006. Determining objective injury prevention priorities. *Inj. Prev.* 12 (5), 347–350.

[A46]

Original Research Article

Dementia
and Geriatric
Cognitive Disorders

Dement Geriatr Cogn Disord 2010;29:154–163
DOI: [10.1159/000264631](https://doi.org/10.1159/000264631)

Accepted: November 13, 2009
Published online: February 11, 2010

The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the Best Indicator of the Risk of Impaired Driving in Alzheimer Disease and Normal Aging

Sylviane Lafont^a Claude Marin-Lamellet^b Laurence Paire-Ficout^b
Catherine Thomas-Anterion^c Bernard Laurent^c Colette Fabrigoule^d

^aUMR T9405 (INRETS/Université de Lyon – Lyon 1/Institut de Veille Sanitaire), and ^bINRETS, LESCOT, Bron,
^cCHU-Hôpital Bellevue, Service de Neurologie, Saint-Étienne, and ^dUMR 5231 (CNRS/Université Bordeaux 2),
Bordeaux, France

Key Words

On-road test · Unsafe driving · Alzheimer · Older drivers ·
Visuoattentional speed

Abstract

Aims: Our purpose was to identify cognitive tools associated with unsafe driving among elderly drivers of varying cognitive levels. **Methods:** Twenty drivers with early-stage dementia of the Alzheimer type and 56 nondemented drivers aged 65–85 were recruited. Various cognitive processes were measured and unsafe driving was evaluated during an in-traffic road test with 3 different indicators and a composite indicator. **Results:** The Wechsler Digit Symbol Substitution Test score was the best cognitive measure to detect unsafe drivers using the composite driving indicator. **Conclusion:** The Digit Symbol Substitution Test may be used by physicians for the evaluation and follow-up of older patients, with or without Alzheimer-type dementia, as a screening tool of unsafe driving.

Copyright © 2010 S. Karger AG, Basel

Introduction

Some cognitive processes involved in driving deteriorate with aging, and this is particularly the case with dementia of the Alzheimer type (DAT). While deficits of attention and inhibition and a slowing of the information processing speed may be observed in the normal aging process [1–5], these deficits become greater in DAT and may be accompanied by problems of executive function [6, 7].

Concerning elderly drivers, there is a consensus that their crash rates are lower than those of younger drivers when the rates are expressed per inhabitant [8] but are higher when expressed per kilometer [8–11]. Elderly drivers are more vulnerable. When they are involved in a crash, the probability that they will die or be seriously injured is much higher than that of younger drivers [12–17]. Concerning the effect of DAT on crash risk, certain studies have found a higher crash risk [18–24], while others have not [25–27]. A higher crash risk is probably not found systematically because people suffering from DAT often limit or even stop driving altogether [19, 26, 28], these restrictions increasing with the severity of the disease [29–31].

Most studies have shown that, on average, the ability to drive is more affected in DAT drivers than in nonde-

KARGER

Fax +41 61 306 12 34
E-Mail karger@karger.ch
www.karger.com

© 2010 S. Karger AG, Basel
1420–8008/10/0292–0154\$26.00/0

Accessible online at:
www.karger.com/dem

Sylviane Lafont
UMR T9405 (INRETS/Université de Lyon – Lyon 1/Institut de Veille Sanitaire)
25 avenue François Mitterrand, Case 24
FR-69675 Bron Cedex (France)
Tel. +33 4 72 14 25 17, Fax +33 4 72 14 25 20, E-Mail sylviane.lafont@inrets.fr

mented ones, whether the driving performances are evaluated on the road [32–47] or with a driving simulator [32, 47–52]. However, many studies underline the heterogeneity of driving abilities among persons suffering from early dementia, suggesting that a dementia diagnosis in itself is not sufficient for recommending to people to stop driving [32–34, 39, 40, 46, 53, 54]. According to Ott et al. [39], driving skills in persons with mild DAT should be reassessed at least every 6 months. However, Erten-Lyons [53] underlined that on-road driving tests are expensive and that further research is needed to identify clinical tools for determining whether a patient is able to drive safely.

In France as in some other countries of the European Union, there is no mandatory license renewal procedure for elderly drivers [55, 56]. Patients who have diagnosed cognitive disorders are followed in neurologically specialized centers or memory consultations specialized in the detection and monitoring of dementia or other neurological diseases, but few of these centers have developed complementary expertise on the abilities to drive. Moreover, some elderly people with cognitive deficits are not detected even at a stage of dementia [57], yet they may have real difficulties driving.

In the French health system, general practitioners have to advise their patients about the repercussions of their medical or cognitive conditions on their ability to drive. For this, general practitioners may use information given by their patients or family, but as underlined by Reger et al. [58] in a meta-analysis, caregivers' reports are a somewhat unreliable measure of a patient's driving ability for reasons of opinion and the desire to safeguard the patient's independence. It is thus crucial to offer general practitioners very simple cognitive tools associated with driving abilities in order to provide warning about the risk of unsafe driving in the general population.

Some authors have already analyzed the relationships between cognitive and on-road driving performances in DAT populations and established which cognitive tests are associated with impaired driving in a diagnosed population [34, 35, 38, 54, 59]. Other authors have worked on populations including DAT and nondemented subjects [32, 33, 37, 40, 44, 60]. These studies have identified several cognitive measures correlated with driving abilities evaluated during on-road tests: measures of global cognitive functioning [32, 33, 44, 60], learning, memory or language tests [32, 33, 40, 44, 60], visuo-perceptive, visuo-spatial or visuo-constructive tests [32, 33, 40, 44], measures of visual attention [32, 40, 44] or selective attention [40] and executive functions, and especially tests of mental flexibility [32, 33, 37, 44] and speed of processing [32, 33, 37,

60]. The study by Duchek et al. [40] analyzes how far cognitive tests provide additional information to the status of dementia. Using a stepwise regression model, the authors show that the Clinical Dementia Rating (CDR) status does not provide additional information compared to Block Design to explain the driving score.

The purpose of the present study was to identify simple cognitive tests that are easy to use in the context of general medicine in order to indicate the risk of impaired driving among elderly drivers of various cognitive statuses. Cognitive tests were analyzed in relation to driving performances measured with 3 different methods during an on-road test in a population composed of DAT patients and nondemented drivers.

Method

Population

Twenty early-stage DAT drivers with a diagnosis according to DSM IV [61] and the NINCDS-ADRDA criteria [62] were included from the neurological center of the Bellevue Hospital in Saint-Etienne, France. All DAT drivers but 1 were treated by acetylcholinesterase inhibitors. Eighteen males and 2 females (mean age = 73.3 years, SD = 4.9) were included. Five subjects had a primary school level (equivalent to 0–5 years of schooling), 9 had a secondary school level (equivalent to 6–9 years of schooling) and 6 subjects had received a university education (over 9 years).

An age- (± 3 years), gender- and education-matched group was constituted comprising 20 nondemented drivers. They were recruited through elderly and driving associations. In order to verify that the patients already had attentional and executive deficits in a very early demented stage, we compared cognitive performances between DAT drivers and their paired controls with a *t* test: DAT performances were significantly lower than control performances for all time and speed measures (except simple reaction time) and for half of the accuracy measures.

Thirty-six additional nondemented drivers aged 65–85 years were also recruited through these associations (30 males, 6 females; mean age = 69.9 years, SD = 6.3; 6 with a primary school level, 21 with a secondary school level and 9 with a university level).

The demented and nondemented subjects were all examined by a practitioner in the neurological center in order to exclude the following medical conditions: visual or auditory deficiencies, Parkinson disease, major psychiatric or alcoholism history, nonstabilized use of psychotropic drug or antidepressant, benzodiazepine, nonstabilized diabetes and sleep apnea. They were all living at home and were driving a car with a manual gearbox more than 3,000 km per year at the time of the study. Eight of the 20 DAT patients (40%) drove between 3,000 and 3,500 km annually, 4 (20%) between 3,500 and 7,000 km, 6 (30%) between 7,000 and 20,000 km and 2 (10%) drove more than 20,000 km annually. Among the 56 nondemented subjects, the proportions were 9, 9, 73 and 9%, respectively. Four of the 20 DAT subjects used their car once a week, 8 used it 2 or 3 times and 8 every day. The driving frequency was 2, 43 and 55%, respectively among the demented drivers.

Before performing the driving test, the subjects were invited to familiarize themselves with the experimental vehicle (manual gearbox) by driving it for 20 min. The study was approved by the biomedical ethics committee of the Hôtel Dieu hospital in Lyon. Informed consent was obtained according to the institutional guidelines for human subjects' safety and confidentiality.

Cognitive Evaluation

Two types of test were used: first, simple paper and pencil neuropsychological tests chosen to reflect different components of cognitive processes that should be related to driving abilities and potentially concern DAT: global functioning with the Mini-Mental State Examination (MMSE) [63], visuospatial perception and working memory with the Benton Visual Retention Test used in recognition [64], semantic fluency with Isaacs's Set Test [65], selective attention with Zazzo's Cancellation Test [66] and visuomotor speed with the Wechsler Digit Symbol Substitution Test (DSST) [67]. The performances on these 5 neuropsychological tests were shown to be associated with DAT 2 years later [68]. In addition, a computerized test battery was used to test the potential association between driving performances and 3 types of inhibitory process (Go/No Go, Stroop Test, Stop signal [69]), simple and choice reaction time, finger tapping and double task (rotation judgment plus semantic judgment). We used both time and accuracy measures when recorded separately in a given test.

Driving Evaluation

Driving performances were evaluated during a 45-min in-traffic road test along a predetermined route. All road tests were conducted by the same professional driving instructor. Seated at the back of the experimental vehicle, a researcher filled in a grid of the driving activity. The driving instructor was blind to the status of the subject, but not the researcher. The latter completed a pre-established observational grid with very specific coding rules, thus limiting the subjectivity of scoring.

Driving evaluation was conducted in 3 different ways.

(1) The Driving Researcher Score was established by a researcher through observation of 49 road zones. For every zone, a list of expected actions was determined according to the recommendation of Dobbs et al. [41]. A penalty was counted when an expected action was not performed. Three penalty subscores were built: an exploration subscore summing penalties due to an absence of mirror control and visual exploration, a planning subscore summing penalties due to failure to use indicators, to choose the right lane or to follow directions correctly, and a traffic regulation subscore (stop, traffic light, priority to the right, giving way). The Driving Researcher Score was the sum of the 3 subscores.

(2) The Driving Instructor Intervention Score corresponded to the number of driving instructor interventions for safety on the brakes, the steering wheel or the accelerator.

(3) The Driving Instructor Judgment was given at the end of the road test in 3 categories: safe, borderline or unsafe.

Statistical Analysis

All the statistical analyses were conducted on the total sample, 20 DAT and 56 nondemented drivers. The cognitive and on-road driving performances of both groups were compared with the *t* test. A correlation coefficient was calculated between the Driving Researcher Score and the Driving Instructor Intervention Score,

and the mean scores of these 2 driving evaluations were compared between the 3 categories of the Driving Instructor Judgment (safe-borderline-unsafe) with an *F* test (ANOVA).

In order to predict unsafe driving among the total sample ($n = 76$), dichotomous unsafe driving indicators were built with the 10th percentile of the Driving Researcher Score distribution and the 10th percentile of the Driving Instructor Intervention Score distribution, corresponding to the 10% of the subjects with the lowest driving performances. For the Driving Instructor Judgment, the unsafe category was compared with the safe and borderline ones. Finally, a composite indicator of unsafe driving was created. According to this indicator, a driver was considered unsafe if at least 1 of the 3 indicators was positive: being in the 10% of the subjects who have more penalties or being in the 10% of those who have more interventions or being judged unsafe by the instructor.

The associations between the DAT status and each dichotomous unsafe driving indicator – Driving Researcher Score, Driving Instructor Intervention Score, Driving Instructor Judgment and composite indicator of unsafe driving – were first analyzed with univariate logistic regression models. The relative risk of unsafe driving was estimated with odds ratios (OR) with corresponding 95% confidence intervals (CI). Then, the associations between the cognitive variables and each unsafe driving indicator were analyzed with stepwise logistic regression models: OR were assessed for an increase (time measures) or a decrease (speed or accuracy measures) of half a standard deviation of the distribution of each cognitive variable. This type of model selects one by one the most significant variable, taking the previously selected variables into account. It allows removing of variables during the selection process and identifies the best predictors of unsafe driving. In a third stage, the significant cognitive variables identified in the second stage are competing with the DAT status and the sociodemographical variables (age, gender and education) in a stepwise logistic regression model, providing the best predictor of each unsafe driving indicator.

For the composite indicator of unsafe driving, we calculated the sensitivities and specificities for the different thresholds of the significant cognitive variable allowing the identification of unsafe driving. The sensitivity is the probability among unsafe drivers to present a score under the threshold. The specificity is the probability among safe drivers to present a score above the threshold.

Analyses were performed using Statistical Analysis System (SAS) software, version 9.1 (SAS Institute, Inc., Cary, N.C., USA).

Results

Cognitive Performances and Driving Performances

The DAT subjects had significantly lower cognitive performances than the nondemented subjects, for all time and speed measures and for half of the accuracy measures (table 1). The mean Driving Researcher Score was 2-fold higher in the DAT group than in the nondemented group (table 2), but there was a greater variability among DAT subjects with an interquartile interval of 17 penalties (vs. 9 among the nondemented subjects). The

Table 1. Cognitive evaluation in DAT and nondemented drivers, n = 76, mean ± SD

	DAT (n = 20)	Non-demented (n = 56)	p value
Time measures, s			
ZCT time	89.2 ± 25.6	62.7 ± 15.2	<0.0001
Simple reaction time	1.21 ± 0.68	1.07 ± 0.23	0.01
Choice reaction time	1.24 ± 0.58	1.06 ± 0.20	0.02
Go/no go time (no go trials)	1.34 ± 0.83	1.11 ± 0.19	0.01
Stop signal time (go trials)	1.74 ± 0.82	1.36 ± 0.25	0.0004
Stroop interference time	1.40 ± 0.71	1.08 ± 0.19	<0.0001
Rotation time (double task)	2.82 ± 0.86	2.37 ± 0.48	0.0001
Speed measures			
IST	22.1 ± 4.6	29.3 ± 4.9	<0.0001
DSST	23.5 ± 8.9	39.5 ± 9.5	<0.0001
Finger-tapping	64.0 ± 17.8	76.1 ± 9.6	0.0005
Accuracy measures			
MMSE	26.4 ± 2.2	29.0 ± 1.1	<0.0001
BVRT	9.8 ± 2.2	12.0 ± 2.1	0.0003
ZCT	13.8 ± 2.0	14.4 ± 1.4	0.3
Choice reaction test	29.9 ± 0.2	30.0 ± 0.0	0.06
Go/no go (no go trials)	5.8 ± 1.8	5.9 ± 1.4	0.4
Stop signal (stop trials)	5.4 ± 1.9	6.0 ± 1.7	0.1
Stroop Interference	44.9 ± 4.7	47.8 ± 2.6	0.003
Rotation (double task)	16.6 ± 4.5	21.9 ± 3.2	<0.0001

Time measures: ZCT time = time to finish the first 8 lines of Zazzo's Cancellation Test; simple reaction time = time per correct response (30 trials); choice reaction time = time per correct response (30 stimuli); go/no go time = time per correct response (22 stimuli go); stop signal time = time per correct response (22 stimuli without stop signal); Stroop interference time = mean vocal time per correct response (49 stimuli); rotation time in double task = time per correct response (24 trials).

Speed measures: IST = number of correct responses given in 15 s on the Isaacs Set Test; DSST = number of successes during 60 s on the Digit Symbol Substitution Test; finger-tapping = mean number of 2 trials per hand of manual pressure on a key of the computer in 60 s.

Accuracy measures: MMSE = number of correct responses on the Mini-Mental State Examination (30 items); BVRT = number of correct responses on the Benton Visual Retention Test (15 figures); ZCT = number of correct responses (8 lines); choice reaction test = number of correct responses (30 stimuli); go/no go = number of correct no go responses (8 stimuli no go); stop signal = number of inhibitory responses (8 stimuli with stop signal); Stroop interference = number of correct responses (49 stimuli); rotation in double task = number of correct responses (24 trials). p value: 1-sided t tests.

mean number of instructor interventions was significantly higher in the DAT subjects than in the nondemented, be it on braking, steering or accelerating. Finally, the Driving Instructor Judgment distribution in the 3 modalities (safe-borderline-unsafe) was significantly different in the DAT drivers compared to the nondemented, with 6 unsafe DAT drivers and 1 unsafe control.

Relationships between the Three Driving Evaluations

The Driving Researcher Score was strongly correlated with the Driving Instructor Intervention Score ($p = 0.81$, $p < 0.0001$). The Driving Researcher Score was significantly higher for drivers judged unsafe by the driving

instructor than for those judged borderline or safe [32.3 (SD = 13.5), 18.6 (SD = 9.2), 9.2 (SD = 4.4), respectively, ANOVA, $F = 32.2$, $p < 0.0001$]. The Driving Instructor Intervention Score was also higher for unsafe drivers than for borderline or safe ones [10.6 (SD = 5.2), 4.3 (SD = 4.9), 1.2 (SD = 1.3), respectively, ANOVA, $F = 23.2$, $p < 0.0001$].

Detection of Unsafe Drivers

Among the 76 subjects studied, 7 drivers had a Driving Researcher Score higher than 31 penalties and 8 drivers had more than 9 instructor interventions, 31 and 9 corresponding to the 10th percentile of the Driving Re-

Table 2. Driving evaluations among DAT and nondemented drivers, n = 76

	DAT (n = 20)	Non-demented (n = 56)	p value
Driving Researcher Score, mean ± SD	23.8 ± 12.6	11.9 ± 7.3	<0.0001
Interquartile interval (q1–q3)	14–31	6–15	
Subscore of exploration	7.3 ± 4.3	4.2 ± 3.0	0.002
Rear-view mirror	3.9 ± 2.7	2.0 ± 2.0	0.004
Visual exploration	3.4 ± 2.5	2.2 ± 1.5	0.03
Subscore of planning	11.3 ± 8.5	4.2 ± 3.9	0.0001
Indicators	4.4 ± 4.2	1.8 ± 2.3	0.005
Choice of line	4.3 ± 4.2	1.1 ± 1.1	<0.0001
Follow-up of direction	2.6 ± 2.6	1.3 ± 2.0	0.01
Subscore of traffic regulations	5.1 ± 2.3	3.5 ± 2.2	0.003
Stops	1.9 ± 1.6	1.1 ± 1.0	0.02
Traffic light	0.7 ± 1.0	0.2 ± 0.6	0.006
Priority to the right	2.2 ± 1.4	2.0 ± 1.4	0.2
Giving way	0.2 ± 0.6	0.1 ± 0.4	0.1
Driving Instructor, mean ± SD			
Intervention Score	6.8 ± 5.8	2.0 ± 3.1	0.0007
Brakes	2.7 ± 2.4	1.1 ± 1.4	0.004
Steering wheel	3.6 ± 4.1	0.9 ± 2.0	0.004
Accelerator	0.4 ± 0.6	0.0 ± 0.1	<0.0001
Driving Instructor Judgment, n			
Safe	3	36	
Borderline	11	19	<0.0001
Unsafe	6	1	

Mean Driving Researcher and Driving Instructor Intervention Scores are compared with 1-sided t tests; Driving Instructor Judgment distributions are compared with a χ^2 test.

searcher Score distribution and the 10th percentile of the Driving Instructor Intervention Score distribution, respectively. Ten drivers were judged unsafe by the instructor. Finally, 12 subjects were considered unsafe by at least 1 indicator: 10 DAT drivers and 2 nondemented drivers. Five DAT subjects drove unsafely according to only 1 of the 3 indicators (1 with the Driving Researcher Score, 2 with the Driving Instructor Intervention Score and 2 with the Driving Instructor Judgment), 4 subjects according to 2 of them (1 DAT and 1 nondemented driver with the Driving Researcher Score and the Driving Instructor Intervention Score, 1 DAT with the Driving Researcher Score and the Driving Instructor Judgment, 1 DAT with the Driving Instructor Intervention Score and the Driving Instructor Judgment) and 3 subjects according to the 3 indicators (2 DAT and 1 nondemented driver).

Association between DAT Status and the Unsafe Driving Indicators

Compared to nondemented drivers, the risk of unsafe driving in the DAT subjects was multiplied by 9.0 (95%

CI = 1.6–51.1; $p < 0.02$) when estimated with a Driving Researcher Score higher than 31 and by 11.6 (95% CI = 2.1–63.6; $p < 0.005$) when estimated by more than 9 instructor interventions. Their driving was considered unsafe 23.6 times more often (95% CI = 2.6–212; $p < 0.005$) by the driving instructor. When estimated by the unsafe composite indicator, the DAT subject risk was multiplied by a factor of 27.0 (95% CI = 5.1–142; $p < 0.0001$).

Association between Cognitive Performances and Unsafe Driving Indicators

With a risk multiplied by 3.6 for an additional 274 ms, the Go/No Go time was the only cognitive test significantly associated with a Driving Researcher Score >31 penalties (table 3, model 1). Low performances in finger-tapping and in the double task were significantly associated with a Driving Instructor Intervention Score >9. A low performance in finger-tapping and a low MMSE score were related to the unsafe Driving Instructor Judgment. Finally, a low performance on the Wechsler Digit Symbol Substitution Test and a high performance on the Stroop Interference Test were significantly associated

Table 3. Prediction of unsafe driving among the whole group, n = 76

Unsafe driving indicators	Step	Model 1		Model 2	
		OR	p value	OR	p value
Driving Researcher Score >31					
Go/no go time	+274 ms	3.6 (1.6–8.1)	0.002	4.3 (1.7–10.7)	0.002
Gender (women vs. men)				12.1 (1.5–100)	0.02
Driving Instructor Intervention Score >9					
Finger-tapping	-7.7 taps	2.1 (1.2–3.9)	0.01	2.1 (1.2–3.9)	0.01
Rotation in double task (accuracy)	-2.1 correct	1.7 (1.2–2.6)	0.007	1.7 (1.2–2.6)	0.007
Unsafe Driving Instructor Judgment					
Finger-tapping	-7.7 taps	2.1 (1.2–3.9)	0.01	2.1 (1.2–3.9)	0.01
MMSE	-0.9 point	1.8 (1.1–3.1)	0.03	1.8 (1.1–3.1)	0.03
Composite indicator of unsafe driving					
DSST	-5.8 correct	6.5 (2.1–20.1)	0.001	6.5 (2.1–20.1)	0.001
Stroop accuracy	-1.7 correct	0.6 (0.3–0.9)	0.02	0.6 (0.3–0.9)	0.02

Model 1 = For each of the 4 unsafe driving indicators, all the cognitive variables were included in a stepwise regression model; model 2 = for each of the 4 unsafe driving indicators, the significant cognitive variables found in model 1 plus DAT, age, gender and education were included in a stepwise regression model. Figures in parentheses are 95% CI. Step: for an increase or a decrease in SD/2.

with the composite indicator of unsafe driving. The first test included in the statistical model was the DSST and the second was the Stroop Test.

Competition between DAT, Cognitive Performances and Sociodemographical Factors to Predict Unsafe Driving

When DAT status, age, gender, education and the cognitive performances were included in each of the 4 models predicting unsafe driving, the DAT status never remained significant (table 3, model 2). All the cognitive variables found in the first stage remained significantly associated with the driving outcomes: the Go/No Go time with a Driving Researcher Score >31, finger-tapping and accuracy at rotation in the double task for a Driving Instructor Intervention >9, finger-tapping and MMSE with the unsafe Driving Instructor Judgment, and the DSST and the Stroop Test with the composite indicator of unsafe driving. Moreover, a strong relationship between gender and a Driving Researcher Score was found, women having a high risk of presenting a Driving Researcher Score >31.

Correlations between the DSST and the Other Cognitive Tests

The DSST was significantly ($p < 0.001$) correlated with all time measures (-0.68 with Zazzo's Cancellation Test time, -0.51 with the simple reaction time, -0.55 with the choice reaction time, -0.55 with the Go/No Go time,

-0.58 with the stop signal time, -0.57 with the Stroop interference time, -0.64 with the rotation time in dual task), with the speed measures (0.65 with the Isaacs Set Test, 0.50 with the finger-tapping), with global status (MMSE = 0.57), working visual memory (Benton Visual Retention Test = 0.43), the Stroop interference score (0.37) and performance on the dual task (0.62).

Sensitivity and Specificity of the DSST

Table 4 shows sensitivities and specificities related to the different values of performance on the DSST associated with the composite indicator of unsafe driving. The best compromise between sensitivity and specificity which maximizes the sensitivity was obtained for a DSST score lower than 29, with a sensitivity of 91.7% and a specificity of 81.2%. The highest specificity (92.2%) associated with an acceptable level of sensitivity (set at 75%) was obtained with a DSST score lower than 25.

The sensitivity and specificity of the Stroop Test were not calculated because it poorly predicts unsafe driving. Indeed, the OR was reverse once the DSST performance was taken into account. Hence, it is difficult to use clinically.

Discussion

Low performances on the different cognitive tests were associated with an increased risk of unsafe driving as evaluated by the 3 indicators. They included 2 time

Table 4. Sensitivities and specificities of DSST to detect unsafe driving with the composite indicator

Test	Performance thresholds	Sensitivity	Specificity
DSST	<33	0.917	0.672
	<32	0.917	0.687
	<31	0.917	0.734
	<30	0.917	0.781
	<29	0.917	0.812
	<28	0.833	0.812
	<27	0.750	0.812
	<26	0.750	0.875
	<25	0.750	0.922
	<24	0.667	0.937
	<23	0.583	0.953

Sensitivity = probability among unsafe drivers to present a score under the threshold; specificity = probability among safe drivers to present a score above the threshold.

measures, the reaction time on the Go/No Go Test, a motor inhibition test, which was associated with the driving researcher score, and the number of taps in 1 min in the finger-tapping test, which reflects strategic motor speed and was associated with the driving instructor intervention, as well as the unsafe instructor judgment. Cognitive speed is indeed crucial to driving ability, especially because drivers often have to process information and select responses under high temporal constraints according to the driving situations they encounter. Accuracy on rotation judgment in the double-task condition was associated with the number of safety interventions of the instructor, which may reflect situations where the working memory demand was too great for the drivers to master the task. The MMSE score, which is a composite measure reflecting the global deterioration in dementia, was associated with the unsafe instructor judgment. While the instructor was blind to the DAT or nondemented status of the drivers, he may have been aware of the clinical signs of the progression of the disease.

The fact that the different cognitive tests were associated with the 3 unsafe driving indicators (Driving Researcher Score >31, Driving Instructor Intervention Score >9, unsafe Driving Instructor Judgment) strongly suggests that they are complementary for judging different facets of driving difficulties. Their complementarity is confirmed by the fact that, despite their strong association with each other, they did not identify the same potentially unsafe drivers, and only 3 drivers (2 DAT and 1

nondemented) were judged unsafe by each of the 3 indicators. On the other hand, the composite indicator encompasses the richness of information provided by the complementary indicators and makes it possible to analyze which cognitive measure best reflects the global risk of unsafe driving.

The DSST score was the best measure to detect unsafe drivers evaluated by this composite driving indicator. Among 4 previous studies exploring DSST performance in relation to driving performances, 3 found a significant association. In the 2 studies using DAT and control groups, 1 found a significant association [33] and the other not [40]. In a study on the effect of age, the DSST was the best predictor of driving under a single or visual double task [70], and it was also one of the 3 significant predictive variables of ability to drive in drivers for whom a previous neuropsychological evaluation performed in a specialized setting did not make it possible to judge their fitness to drive [71]. Moreover, the DSST and Useful Field of View, a test consistently predicting a variety of driving outcomes among older and clinical populations [32, 40, 52, 72, 73], showed similar trajectories of change over a 5-year period, and the authors suggested that both measures may reflect the same cognitive domain [74].

In our study, the DSST was associated with none of the 3 unsafe indicators taken separately but only with the composite indicator of unsafe driving. This relationship with the composite indicator is not surprising due to the composite cognitive structure of this test which captures the diversity of processes involved in driving. Visuospatial perception, selective attention, response speed, visuo-motor coordination and incidental memory of the association of digit symbol pairs may play a role in digit symbol substitution test performances. It is also considered to reflect executive processing, which is consistent with the frontal activity recently demonstrated during its execution [75]. The multicomposite qualities of the DSST are confirmed in our study by its significant correlations with all cognitive measures, and, more specifically, by the significant correlations ranging from 0.50 to 0.62 with the cognitive measures associated with the 3 unsafe indicators taken in isolation.

Apart from the well-known age effect [76], DSST performance is also an indicator of medial temporal atrophy, white matter hyperintensities and lacunae in mild cognitive impairment [77]. Its sensitivity to diffuse brain lesions explains why it was shown to be associated with a risk of evolution toward a diagnosis of dementia 2 years later [68]. Interestingly, the cognitive test most associated

with a risk of unsafe driving in the present study is also one of the markers of the prodromal phase of Alzheimer disease and other types of dementia. Its characteristics may well capture the heterogeneity of drivers' cognitive states in the general population, which is composed of nondemented drivers, drivers having DAT or other types of dementia, and other people in a prodromal phase of dementia.

In our study, 2 performance thresholds in the DSST seem to be of use to indicate potentially unsafe driving and could be used in general medicine. Indeed, as underlined by Molnar et al. [78], very few studies propose cutoff scores of cognitive performances to differentiate safe and unsafe drivers.

DSST scores could potentially serve as a screening tool for general practitioners, who might use them in conjunction with driving-related information including the perceived risk provided by patients or their entourage. They could then request complementary cognitive evaluation and/or a driving assessment. The alert level according to the different thresholds could serve as a clinical pointer for general practitioners. If cessation of driving were to be considered preferable, general practitioners could favor the specificity of the test (score <25) and encourage only the most unsafe drivers to stop driving, while allowing the others to remain autonomous as long as possible. In this way, the false-positive rate is minimized (7.8%). On the other hand, if the objective was to recommend a reduction/adaptation of driving activity, a higher sensitivity (score <29) would be preferable.

If this test were used to detect a given cognitive deficit associated with unsafe driving, it could also be used to question the dementia status of persons who make no such request. Indeed, in all types of dementia and even in the predemented phase, patients show a decrement in performance on this test, reflecting a global rather than specific deterioration. We therefore tested the DSST as a tool to detect dementia. A score under 25 allowed 65% of the DAT subjects to be detected, with 98% of the nondemented drivers being above this threshold. For patients showing deficits on this test, physicians may request dementia screening on the basis of their own opinion and the patient's and family's request.

In accordance with the literature, our results show that DAT drivers on average have lower driving performances than controls [32–40]. As already found by Duchek et al. [40], the risk of unsafe driving in DAT drivers did not remain significant when cognitive measures were taken into account. This may be due to the heterogeneity of

driving performances in DAT and controls, only half of these early DAT patients, but 2 controls, having deteriorated driving performances in our study. This confirms the findings of others that dementia diagnosis at an early stage cannot be used for recommending cessation of driving [32–34, 40].

Our study has limitations. While driving on the road is considered the best measure for evaluating driving abilities, our road test covered a wide range of driving situations but did not present programmed emergency situations. Unlike driving in a simulator, it was not possible to control environmental parameters and to evaluate the subject's capacity to redress a difficult situation because the instructor intervened before an accident actually occurred. Furthermore, even though there was a driving phase for getting used to the vehicle, the subjects were not driving their usual vehicle, which may have troubled some old drivers.

In addition, women were underrepresented in the DAT group (only 2 women for 18 men), which is often the case in this type of study. As underlined by Uc et al. [79], the predominance of male gender in the AD group may reflect the fact that women in this age group were not traditionally the main driver in the family and more readily relinquished their driving privileges once they developed AD. Finally, the study population is limited, so further work should be done including more subjects and more female drivers in order to validate the thresholds found for the DSST.

Conclusion

We found the DSST to be the best predictor of the risk of unsafe driving in a small sample comprising early DAT and nondemented drivers. This is not surprising owing to its multicomposite nature, including a high speed of processing component. Cognitive performances had a better predictive value of unsafe driving than DAT status. This may be due to the heterogeneity of driving performances in DAT patients and confirms that cognitive evaluation and not the diagnosis should be used to recommend the reduction in or cessation of driving. Furthermore, associating the diagnosis of dementia and cessation of driving would have a counterproductive effect, since it would discourage people from consulting.

Maintaining driving activity in an early stage of dementia may help patients keep their autonomy and slow down functional decline. With the progression of the dis-

ease, however, cognitive performances worsen so that physicians should reassess the cognitive performances of the patients who continue to drive.

The DSST is a simple well-known neuropsychological test that is easy to administer in different clinical settings and especially in general medicine. It remains now to be investigated whether it is prospectively associated with crash risk in older drivers. With this aim, a large study widely involving general practitioners is in progress in France.

References

- 1 Hasher L, Stoltzfus ER, Zacks RT, Rypma B: Age and inhibition. *J Exp Psychol* 1991;17:163-169.
- 2 Jacqmin-Gadda H, Fabrigoule C, Commenge D, Dartigues JF: A 5-year longitudinal study of the mini-mental state examination in normal aging. *Am J Epidemiol* 1997;145:498-506.
- 3 Le Carret N, Lafont S, Mayo W, Fabrigoule C: The effect of education on cognitive performances and its implication for the constitution of the cognitive reserve. *Dev Neuropsychol* 2003;23:317-337.
- 4 Salthouse TA, Meinz EJ: Aging, inhibition, working memory, and speed. *J Gerontol* 1995;50:P297-P306.
- 5 Salthouse TA, Toth J, Daniels K, Parks C, Pak R, Wolbrette M, Hocking KJ: Effects of aging on efficiency of task switching in a variant of the trail making test. *Neuropsychology* 2000;14:102-111.
- 6 Parasuraman R, Haxby JV: Attention and brain function in Alzheimer's disease: a review. *Neuropsychology* 1993;7:242-272.
- 7 Amieva H, Lafont S, Auriaud S, Rainville C, Orgogozo JM, Dartigues JF, Fabrigoule C: Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol* 1998;20:280-285.
- 8 Ryan GA, Legge M, Rosman D: Age-related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accid Anal Prev* 1998;30:379-387.
- 9 Dellinger A, Langlois J, Li G: Fatal crashes among older drivers: decomposition of rates into contributing factors. *Am J Epidemiol* 2002;155:234-240.
- 10 Keall MD, Prith WJ: Older driver crash rates in relation to type and quantity of travel. *Traffic Inj Prev* 2004;5:26-36.
- 11 Massie DL, Campbell KL, Williams AF: Traffic accident involvement rates by driver age and gender. *Accid Anal Prev* 1995;27:73-87.
- 12 Lafont S, Laumon B: Ageing and injury severity among road traffic accident victims (abridged version in English). *Recherche Transp Sécurité* 2003;79:121-133.
- 13 Braver ER, Trempe RE: Are older drivers actually at higher risk of involvement in collisions resulting in deaths or non-fatal injuries among their passengers and other road users? *Inj Prev* 2004;10:27-32.
- 14 Martin JL, Lenguerrand E: A population-based estimation of the driver protection provided by passenger cars: France 1996-2005. *Accid Anal Prev* 2008;40:1811-1821.
- 15 Evans L: Older driver involvement in fatal and severe traffic crashes. *J Gerontol* 1988;43:S186-S193.
- 16 Lyman S, Ferguson SA, Braver ER, Williams AF: Older driver involvements in police reported crashes and fatal crashes: trends and projections. *Inj Prev* 2002;8:116-120.
- 17 Williams AF, Shabanova VI: Responsibility of drivers, by age and gender, for motor-vehicle crash deaths. *J Safety Res* 2003;34:527-531.
- 18 Zuin D, Ortíz H, Boromei D, Lopez OL: Motor vehicle crashes and abnormal driving behaviours in patients with dementia in Mendoza, Argentina. *Eur J Neurol* 2002;9:29-34.
- 19 Drachman DA, Swearer JM: Driving and Alzheimer's disease: the risk of crashes. *Neurology* 1993;43:2448-2456.
- 20 Johansson K, Bogdanovic N, Kalimo H, Winblad B, Viitanen M: Alzheimer's disease and apolipoprotein E $\epsilon 4$ allele in older drivers who died in automobile accidents. *Lancet* 1997;349:1143-1144.
- 21 Tuokko H, Tallman K, Beattie BL, Cooper P, Weir J: An examination of driving records in a dementia clinic. *J Gerontol* 1995;50:S173-S181.
- 22 Dubinsky RM, Williamson A, Gray CS, Glatt SL: Driving in Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc* 1992;40:1112-1116.
- 23 Friedland RP, Koss E, Kumar A, Gaine S, Metzler D, Haxby JV, Moore A: Motor vehicle crashes in dementia of the Alzheimer type. *Ann Neurol* 1988;24:782-786.
- 24 Cooper PJ, Tallman K, Tuokko H, Beattie BL: Vehicle crash involvement and cognitive deficit in older drivers. *J Safety Res* 1993;24:9-17.
- 25 Trobe JD, Waller PF, Cook-Flannagan CA, Teshima SM, Bieliauskas LA: Crashes and violations among drivers with Alzheimer disease. *Arch Neurol* 1996;53:411-416.
- 26 Lafont S, Laumon B, Helmer C, Dartigues JF, Fabrigoule C: Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 2008;21:171-182.
- 27 Carr DB, Duchek J, Morris JC: Characteristics of motor vehicle crashes of drivers with dementia of the Alzheimer type. *J Am Geriatr Soc* 2000;48:18-22.
- 28 Foley DJ, Masaki KH, Ross GW, White LR: Driving cessation in older men with incident dementia. *J Am Geriatr Soc* 2000;48:928-930.
- 29 Gilley DW, Wilson RS, Bennett DA, Stebbins GT, Bernard BA, Whalen ME, Fox JH: Cessation of driving and unsafe motor vehicle operation by dementia patients. *Arch Intern Med* 1991;151:941-946.
- 30 Herrmann N, Rapoport MJ, Sambrook R, Hebert R, McCracken P, Robillard A: Predictors of driving cessation in mild-to-moderate dementia. *CMAJ* 2006;175:591-595.
- 31 Talbot A, Bruce I, Cunningham CJ, Coen RF, Lawlor RA, Coakley D, Walsh JB, O'Neill D: Driving cessation in patients attending a memory clinic. *Age Ageing* 2005;34:363-368.
- 32 Uc EY, Rizzo M, Anderson SW, Shi Q, Dawson JD: Driver route-following and safety errors in early Alzheimer disease. *Neurology* 2004;63:832-837.
- 33 Hunt L, Morris JC, Edwards D, Wilson RS: Driving performance in persons with mild senile dementia of the Alzheimer type. *J Am Geriatr Soc* 1993;41:747-752.
- 34 Fitten LJ, Perryman KM, Wilkinson CJ, Little RJ, Burns MM, Pachana N, Mervis JR, Malmgren R, Siembieda DW, Ganzell S: Alzheimer and vascular dementias and driving: a prospective road and laboratory study. *JAMA* 1995;273:1360-1365.

- 35 Bietauskas L, Roper B, Trobe J, Green P, Lacy M: Cognitive measures, driving safety, and Alzheimer's disease. *Clin Neuropsychologist* 1998;12:206-212.
- 36 Brown LB, Ott BR, Papandonatos GD, Sui Y, Ready RE, Morris JC: Prediction of on-road driving performance in patients with early Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53:94-98.
- 37 Whelihan WM, DiCarlo MA, Paul RH: The relationship of neuropsychological functioning to driving competence in older persons with early cognitive decline. *Arch Clin Neuropsychol* 2005;20:217-228.
- 38 Grace J, Amick MM, D'Abreu A, Festa EK, Heindel WC, Ott BR: Neuropsychological deficits associated with driving performance in Parkinson's and Alzheimer's disease. *J Int Neuropsychol Soc* 2005;11:766-775.
- 39 Ott BR, Heindel WC, Papandonatos GD, Festa EK, Davis JD, Daiello LA, Morris JC: A longitudinal study of drivers with Alzheimer disease. *Neurology* 2008;70:1171-1178.
- 40 Duchek JM, Hunt L, Ball K, Buckles V, Morris JC: Attention and driving performance in Alzheimer's disease. *J Gerontol* 1998;53: P130-P141.
- 41 Dobbs AR, Heller RR, Schopf-Docher D: A comparative approach to identify unsafe older drivers. *Accid Anal Prev* 1998;30:363-370.
- 42 Duchek JM, Carr DB, Hunt L, Roe CM, Kiong C, Shah K, Morris JC: Longitudinal driving performance in early-stage dementia of the Alzheimer type. *J Am Geriatr Soc* 2003;51:1342-1347.
- 43 Wild K, Cottrill V: Identifying driving impairment in Alzheimer disease: a comparison of self and observer reports versus driving evaluation. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2003;17:27-34.
- 44 Uc EY, Rizzo M, Anderson SW, Shi Q, Dawson JD: Driver landmark and traffic sign identification in early Alzheimer's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2005;76:764-768.
- 45 Brown LB, Stern RA, Cahn-Weiner DA, Rogers B, Messer MA, Lannon MC, Maxwell C, Souza T, White T, Ott BR: Driving Scenes test of the Neuropsychological Assessment Battery (NAB) and on-road driving performance in aging and very mild dementia. *Arch Clin Neuropsychol* 2005;20:209-215.
- 46 Hunt LA, Murphy CF, Carr D, Duchek JM, Buckles V, Morris JC: Reliability of the Washington University Road Test: a performance-based assessment for drivers with dementia of the Alzheimer type. *Arch Neurol* 1997;54:707-712.
- 47 Dubinsky RM, Stein AC, Lyons K: Practice parameter: risk of driving and Alzheimer's disease (an evidence-based review): report of the quality standards subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2000;54:2205-2211.
- 48 Cox DJ, Quillian WC, Thorndike FP, Kovatchev BP, Hanna G: Evaluating driving performance of outpatients with Alzheimer disease. *J Am Board Fam Pract* 1998;11:264-271.
- 49 Rebok GW, Keyl PM, Bylsma FW, Blaustein MJ, Tune L: The effects of Alzheimer disease on driving-related abilities. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 1994;8:228-240.
- 50 Shua-Haim J, Gross J: A simulated driving evaluation for patients with Alzheimer's disease. *Am J Alzheimer Dis* 1996;2-7.
- 51 Szlyk JP, Myers L, Zhang Y, Wetzel L, Shapiro R: Development and assessment of a neuropsychological battery to aid in predicting driving performance. *J Rehabil Res Dev* 2002;39:483-496.
- 52 Rizzo M, McGehee DV, Dawson JD, Anderson SN: Simulated car crashes at intersections in drivers with Alzheimer disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2001;15:10-20.
- 53 Erten-Lyons D: When should patients with Alzheimer disease stop driving? *Neurology* 2008;70:e45-e47.
- 54 Fox GK, Bowden SC, Bashford GM, Smith DS: Alzheimer's disease and driving: prediction and assessment of driving performance. *J Am Geriatr Soc* 1997;45:949-953.
- 55 OECD: Ageing and Transport. Mobility Needs and Safety Issues. Paris, OECD Publication, 2001.
- 56 Mitchell CG: The licensing of older drivers in Europe - a case study. *Traffic Inj Prev* 2008;9:360-366.
- 57 Dartigues JF, Flori YA, Helmer C, Pasquier F, Beaulière A, Pariente A: Bilan de la prise en charge de la maladie d'Alzheimer en France. Étude remise pour le rapport la maladie d'Alzheimer et les maladies apparentées (No 2454), rapport Gallex. Paris, Office Parlementaire d'Évaluation des Politiques de Santé, July 6 2005.
- 58 Reger MA, Welsh RK, Watson GS, Cholerton B, Baker LD, Craft S: The relationship between neuropsychological functioning and driving ability in dementia: a meta-analysis. *Neuropsychology* 2004;18:85-93.
- 59 Dawson JD, Anderson SW, Uc EY, Dastrup E, Rizzo M: Predictors of driving safety in early Alzheimer disease. *Neurology* 2009;72: 521-527.
- 60 Odenheimer GL, Beaudet M, Jette AM, Albert MS, Grande L, Minaker KI: Performance-based driving evaluation of the elderly driver: safety, reliability, and validity. *J Gerontol* 1994;49:M153-M159.
- 61 American Psychiatric Association (APA): Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Washington, APA, 1994.
- 62 McKhann G, Drachman D, Folstein M, Katzmann R, Price D, Stadlan EM: Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA Work Group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's disease. *Neurology* 1984;32:632-637.
- 63 Folstein M, Folstein S, McHugh P: "Mini-Mental State": a practical method for grading the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:129-138.
- 64 Benton A: Manuel pour l'application du test de rétention visuelle. Applications cliniques et expérimentales. Paris, Centre de Psychologie Appliquée, 1965.
- 65 Isaacs B, Kennie A: The Set Test as an aid to the detection of dementia in old people. *Br J Psychiatry* 1973;45:957-962.
- 66 Zazzo R: Test des deux barrages. Actualités pédagogiques et psychologiques. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1974.
- 67 Wechsler D: WAIS-R Manual. Cleveland, Psychological Corporation, 1981.
- 68 Fabrigoule C, Rouch I, Taberly A, Letenneur L, Commenges D, Mazaux JM, Orgogozo JM, Dartigues JF: Cognitive process in the preclinical phase of dementia. *Brain* 1998; 121:135-141.
- 69 Amieva H, Lafont S, Auriaud S, Le Carret N, Dartigues JF, Orgogozo JM, Colette F: Inhibitory breakdown and dementia of the Alzheimer type: a general phenomenon? *J Clin Exp Neuropsychol* 2002;24:503-516.
- 70 Chaparro A, Wood JM, Carberry T: Effects of age and auditory and visual dual tasks on closed-road driving performance. *Optometry Vis Sci* 2005;82:747-754.
- 71 Alexandersen A, Dalen K, Bronnick K: Prediction of driving ability after inconclusive neuropsychological investigation. *Brain Inj* 2009;23:313-321.
- 72 Ball KK, Roenker DL, Wadley VG, Edwards JD, Roth DL, McGwin G Jr, Raleigh R, Joyce JJ, Cissell GM, Dube T: Can high-risk older drivers be identified through performance-based measures in a Department of Motor Vehicles setting? *J Am Geriatr Soc* 2006;54: 77-84.
- 73 Owsley C, Ball K, McGwin G Jr, Sloane ME, Roenker DL, White MF, Overley ET: Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *JAMA* 1998; 279:1083-1088.
- 74 Lunsman M, Edwards JD, Andel R, Small BJ, Ball KK, Roenker DL: What predicts changes in useful field of view test performance? *Psychol Aging* 2008;23:917-927.
- 75 Nakahachi T, Ishii R, Iwase M, Canuet L, Takahashi H, Kurimoto R, Ikezawa K, Azechi M, Sekiyama R, Honaga E, Uchiyumi C, Iwakiri M, Motomura N, Takeda M: Frontal activity during the digit symbol substitution test determined by multichannel near-infrared spectroscopy. *Neurophysiology* 2008; 57:151-158.
- 76 Salthouse TA: What do adult age differences in the Digit Symbol Substitution Test reflect? *J Gerontol* 1992;47:P121-P128.
- 77 Van de Pol LA, Korf ES, van der Plier WM, Brashers HR, Fox NC, Barkhof F, Scheltens P: Magnetic resonance imaging predictors of cognition in mild cognitive impairment. *Arch Neurol* 2007;64:1023-1028.
- 78 Molnar FJ, Patel A, Marshall SC, Man-Son-Hing M, Wilson KG: Clinical utility of office-based cognitive predictors of fitness to drive in persons with dementia: a systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:1809-1824.
- 79 Uc EY, Rizzo M, Anderson SW, Shi Q, Dawson JD: Unsafe rear-end collision avoidance in Alzheimer's disease. *J Neurol Sci* 2006; 251:35-43.

[A47]

RECHERCHES EMPIRIQUES
EMPIRICAL STUDIES

DES CONDUCTEURS ÂGÉS MOINS DANGEREUX
POUR LES AUTRES : ÉTUDE DES ACCIDENTS
CORPORELS EN FRANCE ENTRE 1996 ET 2005

OLDER DRIVERS LESS DANGEROUS FOR THE
OTHERS: RESULTS OF A STUDY INCLUDING
ALL INJURY CRASHES IN FRANCE BETWEEN
1996 AND 2005

S. LAFONT*, C. GABAUDE**, L. PAIRE-FICOUT**, C. FABRIGOULE**

ABSTRACT

The objective of the study was to estimate the potential risks associated with older drivers compared to younger drivers, especially in driving situations that are more sensitive to age-related issues. The study population comprised the road users involved in injury crashes recorded by police forces in France between 1996 and 2005, where at least one car was involved. Four categories of driving situations in which drivers were present just before the crash have been defined. The risks to be involved in a fatal crash in these four categories of driving situations have been estimated according to driver age. Then, the rates of lost life years for drivers and for the other involved users have been estimated in each of these driving situations. Compared to drivers aged 25 to 64 years old, drivers aged 75 years old and over have an increased risk of 16.7 (CI 95% = 15.1-18.5) of being involved in a fatal crash in lane-crossing or left-turn situations, rather than being involved in another crash. However, the rate of lost life years for the other crash-involved road users significantly decreases when driver's age increases in all driving situations. Older drivers lose mainly their own life years in these crashes due to their increased frailty. Older drivers represent a lesser threat to others compared to younger drivers, even in complex driving situations. As a public health issue, it is therefore important to develop strategies to protect older drivers when

* UMR5176 (UMR T9405, INRETS, université de Lyon-université Claude-Bernard-Lyon-I, Institut de veille sanitaire), INRETS, 25, avenue François-Mitterrand, case 24, F-69675 Bron cedex, France.

Correspondance : sylviane.lafont@inrets.fr

** LESCOT-INRETS, 25, avenue François-Mitterrand, case 24, F-69675 Bron cedex, France.

*** UMR 5231 (CNRS, université Bordeaux-II), université Victor-Segalen-Bordeaux-II, 146, rue Léo-Saignat, F-33076 Bordeaux cedex, France.

crossing lanes or turning left across traffic. Informing road users of all ages on the risks for others and about age-related issues which can affect driving abilities would appear to be useful perspectives to consider.

Keywords: older drivers, lost life years, risks for others, driving situations, attention, processing speed

I. INTRODUCTION

Les conséquences des accidents de la route diffèrent selon l'âge du conducteur : les conducteurs âgés meurent plus que des conducteurs plus jeunes (Evans, 1988 ; Sjögren *et al.*, 1992 ; Valent *et al.*, 2002 ; Lafont et Laumon, 2003 ; Martin et Lenguerrand, 2008), et ils sont plus souvent gravement blessés (McCoy, 1989 ; Cirera *et al.*, 1998 ; Lafont et Laumon, 2003 ; Martin et Lenguerrand, 2008). Concernant l'éventuelle menace qu'ils représentent pour les autres, des travaux récents montrent que les conducteurs âgés sont moins dangereux pour les autres impliqués dans l'accident que les conducteurs plus jeunes, la dangerosité étant mesurée par un taux d'années de vie perdues (AVP) attribué à chaque classe d'âge de conducteurs (Lafont *et al.*, 2008a). Cette approche originale, que l'on peut qualifier d'approche santé publique, diffère de celle des études précédentes, qui, elles, estiment le risque pour les autres par des taux de décès rapportés à des distances parcourues par les conducteurs (Dulisse, 1997 ; Evans, 2000 ; Braver et Trempel, 2004 ; Dellinger *et al.*, 2004). Ce dernier indicateur est bien sûr intéressant, puisqu'il quantifie le risque d'être impliqué dans un accident mortel dès lors qu'un conducteur parcourt un kilomètre. C'est ainsi que plusieurs études ont estimé un risque d'accident par milliers de kilomètres parcourus plus élevé pour les conducteurs âgés de plus de 70 ans par rapport aux conducteurs d'âge intermédiaire (Ryan *et al.*, 1998 ; Dellinger *et al.*, 2002 ; Li *et al.*, 2003). Toutefois, cette méthode ne permet pas de prendre en compte tous les types d'accident simultanément, et cet indicateur ne paraît pas pertinent pour une population vieillissante qui conduit de moins en moins. En effet, la réduction des kilomètres parcourus représente la stratégie d'adaptation aux effets du vieillissement spontanément mise en place par la très grande majorité des conducteurs âgés (Ball *et al.*, 1998). En plus de s'affranchir de ces problèmes d'exposition, l'approche santé permet d'évaluer le risque pour les conducteurs et pour les autres impliqués en prenant en compte l'âge de tous les impliqués dans l'accident. Cette approche permet donc une meilleure estimation du danger représenté par les conducteurs âgés.

Quant aux caractéristiques des accidents des conducteurs âgés, de nombreuses études retrouvent une très forte implication des conducteurs âgés dans des accidents en intersection et en situation de trafic complexe (Cooper, 1990 ; Fontaine et Gourlet, 1991 ; Preusser *et al.*, 1998 ; Ryan *et al.*, 1998 ; Zhang *et al.*, 1998 ; Hakamies-Blomqvist et Henriksson, 1999 ; Cook *et al.*, 2000 ; Van Elslande, 2003). Cette complexité peut pénaliser particulièrement les conducteurs âgés. L'activité de conduite nécessite en effet une bonne perception visuelle de l'environnement, ainsi que des capa-

cités motrices permettant d'effectuer des mouvements assez rapidement et de les coordonner de façon adaptée. Au plan cognitif, elle fait appel à des processus d'orientation temporo-spatiale, de mémoire, d'attention et de prise de décision. Le niveau de ressources cognitives nécessaire à une situation de conduite va dépendre du niveau d'automatisme des composantes de la tâche. Il intervient selon des degrés variables dans la prise d'informations dans un environnement complexe en constante évolution, la prise de décision stratégique ou la gestion d'un imprévu. Certaines situations de conduite, comme les intersections par exemple, nécessitent la coordination de multiples actions et sont plus soumises à une contrainte temporelle que d'autres. Elles entraînent probablement plus de difficultés pour les conducteurs âgés par rapport à des conducteurs plus jeunes.

Ces difficultés semblent liées à des troubles qui apparaissent dans le vieillissement et qui touchent principalement quatre fonctions : les fonctions sensorielles, la vitesse de traitement de l'information, le fonctionnement de la mémoire de travail et les processus d'inhibition (Park, 1999). Ces troubles s'accroissent dans le vieillissement normal chez des personnes très âgées (Jacqmin-Gadda *et al.*, 1997 ; Le Carret *et al.*, 2003), et encore plus dans le vieillissement pathologique où s'ajoutent des troubles de flexibilité mentale et de planification (Parasuraman et Haxby, 1993 ; Amieva *et al.*, 1998 ; Amieva *et al.*, 1999 ; Amieva *et al.*, 2002 ; Rainville *et al.*, 2002 ; Amieva *et al.*, 2004). Ainsi, la survenue de troubles de l'attention, de troubles des fonctions exécutives et un ralentissement de la vitesse de traitement pourraient expliquer les résultats de la littérature sur la sur-implication des conducteurs âgés dans des accidents en situations de conduite complexes ou soumises à une forte contrainte temporelle.

Le présent article cherche à vérifier la sur-implication des conducteurs âgés dans les situations les plus complexes et pose la question de savoir si la plus faible menace qu'ils représentent pour les autres impliqués par rapport aux plus jeunes (Lafont *et al.*, 2008a) reste vérifiée dans toutes les situations de conduite. Une attention particulière sera portée aux situations soumises à une forte contrainte temporelle, comme la traversée de voie(s) ou le tourne à gauche, qui devraient davantage perturber les conducteurs âgés que les conducteurs plus jeunes. On peut donc raisonnablement se demander si dans ces situations de conduite, les conducteurs âgés représentent une menace plus importante pour les autres impliqués, par rapport à des conducteurs plus jeunes.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1. POPULATION D'ÉTUDE

En France, tous les accidents corporels donnent lieu à l'établissement d'un procès-verbal par les forces de l'ordre (police, gendarmerie ou CRS selon le lieu de l'accident). Par accident corporel, on entend un accident

qui a entraîné l'hospitalisation d'au moins une personne. Un certain nombre d'informations contenues dans ces procès-verbaux sont consignées dans un bulletin d'analyse d'accident corporel (BAAC) puis informatisées.

À partir de ce fichier, nous avons analysé les accidents mortels parmi l'ensemble des accidents corporels survenus en France métropolitaine entre 1996 et 2005. Un certain nombre d'accidents ont été exclus : 1,6 % des 1 102 486 accidents corporels a été exclu parce que l'âge, le genre, ou le statut (indemne/blessé/tué) d'un impliqué était manquant ; 0,1 % parce qu'ils présentaient des données incohérentes ; 1,4 % parce qu'ils impliquaient quatre véhicules motorisés ou plus.

Sur les 1 040 912 accidents corporels impliquant un, deux ou trois véhicules motorisés, 894 841 accidents impliquaient au moins une voiture (86 %). L'échantillon des usagers impliqués dans ces derniers est constitué de 1 215 174 conducteurs de voiture (50,6 %) et de 1 185 559 autres impliqués : 14,7 et 5,5 % des usagers étaient respectivement des conducteurs de deux-roues motorisés et des conducteurs d'un véhicule motorisé autre que voiture ou deux-roues, 20,3 % étaient des passagers de véhicules motorisés, 6,8 % étaient des piétons et 2,1 % étaient des cyclistes. Notons que selon les critères d'inclusion des BAAC, les impliqués piétons et cyclistes ne peuvent être enregistrés dans la base en tant qu'indemnes, alors que les autres usagers pouvaient être indemnes, blessés, ou tués.

II.2. LES SITUATIONS DE CONDUITE

Dans ces fiches BAAC, les forces de l'ordre précisent la situation de conduite dans laquelle se trouvait chaque véhicule avant l'accident avec un codage en 24 items. Nous avons regroupé ces items en cinq grandes catégories de situations de conduite : la première « Circulation normale » inclut les véhicules qui circulaient normalement sans changement de direction (même sens, même file) ; la deuxième « Changement de voie » inclut les véhicules qui changeaient de voie : insertion, demi-tour sur la chaussée, changement de file à droite ou à gauche, tournant à droite, dépassant à gauche ou à droite, ou effectuant une manœuvre d'évitement ; la troisième « Mauvaise voie » regroupe les véhicules circulant sur une mauvaise voie : circulation entre deux files, en marche arrière, à contresens, sur le terre-plein central, dans un couloir de bus (même sens ou non) ou en déport sur la voie de gauche ou de droite ; la quatrième « Traversée de voie(s) » inclut les véhicules qui traversaient une ou plusieurs voies de circulation ou ceux qui tournaient à gauche sur une chaussée bidirectionnelle avec ou sans séparateur. Cette catégorie est supposée en moyenne être plus complexe et soumise à une contrainte temporelle plus forte que les autres catégories. Enfin, une cinquième catégorie « Arrêt/Non renseigné » regroupe les véhicules lors d'une manœuvre de stationnement, d'une ouverture de porte, les véhicules arrêtés ou en stationnement ainsi que les situations de conduite qui n'ont pas été renseignées. Nous ne décrivons pas cette catégorie dans les tableaux de résultats, toutefois, nous la conservons dans le traitement statistique afin de ne pas éliminer des analyses les situations de conduite des autres véhicules impliqués dans l'accident. Pour information, 1,2 %

des personnes décédées se trouvaient à l'arrêt, et 2,3 % dans une situation de conduite non connue.

II.3. LES INDICATEURS : L'IMPLICATION DANS UN ACCIDENT MORTEL DES CONDUCTEURS ET LES TAUX D'AVP DES CONDUCTEURS ET DES AUTRES IMPLIQUÉS

Un accident mortel est défini par la présence d'au moins un décès. En France, la définition du décès utilisée par les forces de l'ordre a été modifiée en 2005, passant du décompte des morts à six jours à celui des morts à 30 jours après l'accident. Toutefois, compte tenu de notre période d'étude 1996-2005, pour l'année 2005 comme pour les autres années nous prendrons en compte les décès à six jours.

Pour tous les impliqués, nous avons calculé le nombre d'années de vie restantes ou « disponibles » au moment de l'accident. Pour cela, nous avons utilisé la table d'espérance de vie ajustée sur l'âge au moment de l'accident, table calculée pour l'année 2001 par l'Institut national des études démographiques (INED, 2003). Cette table fournit directement le nombre d'années de vie disponibles par genre et tranches de cinq ans d'âge ; par exemple, un homme de 72 ans en 2001, appartenant à la classe d'âges 70-74 ans, pouvait espérer vivre 11,9 ans. Pour les victimes décédées, ces années de vie disponibles se transforment en AVP.

II.4. LA MÉTHODE D'ÉQUI-CONTRIBUTION ECM

Nous avons appliqué une méthode dite d'équi-contribution, méthode que nous avons développée dans des travaux antérieurs, afin d'évaluer de conserve le risque des conducteurs pour eux-mêmes et le risque pour les autres usagers (Lafont *et al.*, 2008a). La responsabilité de l'accident est attribuée aux seuls conducteurs de véhicules motorisés (voiture, deux-roues motorisés et autres véhicules motorisés). Le principe général de la méthode consiste à attribuer le même niveau de responsabilité à tous les conducteurs impliqués dans l'accident, l'hypothèse étant que chaque conducteur contribue à la survenue de l'accident, soit dans sa genèse, soit parce qu'il n'a pas su l'éviter. À la différence des études qui se focalisent sur un type d'accident particulier (exemple des accidents à un véhicule et un piéton), la méthode proposée ici permet de prendre en compte tous les types d'accident dans une même analyse.

Afin d'estimer la contribution de chaque classe d'âge de conducteurs, les années de vie disponibles et les AVP des conducteurs et des autres impliqués, sont attribuées équitablement à chaque classe d'âge des n conducteurs impliqués dans l'accident avec un poids identique égal à $1/n$. Lorsque deux ou trois conducteurs sont impliqués dans l'accident, chaque conducteur contribue au bilan de sa propre classe d'âge mais aussi à celui de la classe d'âge des autres conducteurs (en tant qu'autres impliqués) avec un poids toujours égal à $1/n$.

Prenons l'exemple d'un accident impliquant deux conducteurs, un homme de 66 ans (conducteur A) et une femme de 35 ans décédée dans l'accident (conducteur B), et deux passagers : un garçon de sept ans et un homme de 44 ans (décédé). En 2001, les espérances de vie ajustée sur l'âge des quatre impliqués étaient respectivement de 15,1, 46,4, 68,7 et 35,1 années.

Pour la classe d'âge du conducteur A (65-74 ans), aucune année de vie de conducteur de sa classe d'âge n'a été perdue, et les années de vie disponibles correspondent à la moitié de celles des deux conducteurs (7,5 + 23,2 années) ; pour les AVP des autres impliqués, la moitié des AVP de la conductrice B (23,2 années) ainsi que la moitié des AVP du passager tué (17,5 années) sont attribuées à cette même classe d'âge, et les années de vie disponibles correspondent à la moitié de celles de la conductrice B et à la moitié de celles des deux passagers (23,2 + 17,5 + 34,3 années).

Pour la classe d'âge du conducteur B (35-44 ans), la moitié de ses propres AVP lui sont attribuées (23,2 ans), et les années de vie disponibles correspondent à la moitié de celles des deux conducteurs (7,5 + 23,2 années) ; pour les AVP des autres impliqués, la moitié des AVP du passager tué (17,5 ans) est attribuée à cette même classe d'âge, et les années de vie disponibles correspondent à la moitié de celles du conducteur A, et à la moitié de celles des deux passagers (7,5 + 17,5 + 34,3 années).

II.5. ANALYSE STATISTIQUE

La part des accidents mortels est calculée pour chaque classe d'âge de conducteurs et chacune des caractéristiques suivantes : le genre, le moment de la journée (jour, nuit), le type d'antagoniste en cinq catégories (absence d'antagoniste/piéton/animal, véhicule mobile seul, véhicule mobile et obstacle fixe, obstacle fixe seul, autres ou non renseigné), le type de réseau (agglomération, hors agglomération) et enfin le type de situations de conduite (circulation normale, changement de voie, mauvaise voie, traversée de voie[s]).

Puis, les risques d'implication dans un accident mortel dans chacune des situations de conduite sont estimés pour chaque classe d'âge de conducteurs, la classe de référence étant les conducteurs de 25-64 ans. Ces risques sont estimés par des *odds ratios* obtenus par des régressions logistiques, et les intervalles de confiance sont donnés au seuil $\alpha = 5\%$. Les variables dépendantes analysées sont : être impliqué dans un accident mortel en circulant normalement *vs* ne pas être impliqué dans ce type d'accident ; être impliqué dans un accident mortel en changeant de voie *vs* ne pas être impliqué dans ce type d'accident ; être impliqué dans un accident mortel en circulant sur une mauvaise voie *vs* ne pas être impliqué dans ce type d'accident ; être impliqué dans un accident mortel en traversant une ou plusieurs voie(s) *vs* ne pas être impliqué dans ce type d'accident. Rappelons qu'il s'agit ici de risques estimés dans la population des conducteurs impliqués dans un accident corporel en France entre 1996 et 2005 et non en population générale. Les *odds ratios* sont ensuite ajustés sur les caractéristiques

Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres

81

précédemment décrites : genre du conducteur (référence : femmes), le moment de l'accident (référence : nuit), le type d'antagoniste (référence : absence d'antagoniste/piéton/animal), et le type de réseau (référence : agglomération).

Pour chaque situation de conduite et chaque classe d'âge de conducteurs, nous avons ensuite calculé des **taux d'AVP** de conducteurs et des **taux d'AVP** des autres impliqués dans l'accident. Pour une situation de conduite et une classe d'âge de conducteurs données, le taux d'AVP de conducteurs est obtenu par le rapport entre la somme des AVP des conducteurs de cette classe d'âge et la somme des années de vie disponibles des conducteurs de cette même classe d'âge, les AVP et les années de vie disponibles étant équitablement réparties entre les différentes classes d'âge de conducteurs impliqués dans l'accident. Pour la classe d'âge de conducteurs 65-74 ans :

$$\text{Taux d'AVP conducteurs attribué aux conducteurs de 65-74 ans} = \frac{100 \cdot \sum \text{AVP conducteurs attribués aux conducteurs de 65-74 ans}}{\sum \text{années de vies disponibles de conducteurs attribués aux conducteurs de 65-74 ans}}$$

Le taux d'AVP des autres impliqués, attribué à une situation de conduite et à une classe d'âge de conducteurs données, est obtenu par le rapport entre la somme des AVP des autres impliqués et la somme des années de vie disponibles des autres impliqués dans l'accident, les AVP et les années de vie disponibles étant, elles aussi, équitablement réparties entre les différentes classes d'âge de conducteurs impliqués.

$$\text{Taux d'AVP autres impliqués attribué aux conducteurs de 65-74 ans} = \frac{100 \cdot \sum \text{AVP autres impliqués attribués aux conducteurs de 65-74 ans}}{\sum \text{années de vies disponibles autres impliqués attribués aux conducteurs de 65-74 ans}}$$

Dans l'exemple précédent, les taux d'AVP sont calculés de la manière suivante :

Pour la classe d'âge 35-44 ans, le taux d'AVP de conducteurs est de $23,2 / (7,5 + 23,2)$, soit 75,6 % ; sur 100 années de vie disponibles de conducteurs, 75,6 ont été perdues ; le taux d'AVP des autres impliqués est de $17,5 / (7,5 + 34,3 + 17,5)$, soit 29,5 %.

Pour la classe d'âge 65-74 ans, le taux d'AVP de conducteurs est de $0 / (7,5 + 23,2)$, soit 0 % ; le taux d'AVP des autres impliqués est de $(23,2 + 17,5) / (23,2 + 34,3 + 17,5)$, soit 54,3 %.

Enfin, un ratio entre le taux d'AVP de conducteurs et le taux d'AVP des autres impliqués est calculé pour chaque classe d'âge de conducteurs et chaque situation de conduite. Pour une classe d'âge de conducteurs donnée, un ratio supérieur à 1 signifie que cette classe d'âge de conducteurs perd plus de ses propres années de vie qu'elle n'en fait perdre aux autres. À l'inverse, un ratio inférieur à 1 signifie qu'elle fait perdre plus d'années de vie aux autres qu'elle n'en perd elle-même.

$$\text{Ratio d'AVP attribué aux conducteurs de 65-74 ans} = \frac{\text{taux d'AVP conducteurs attribués aux conducteurs de 65-74 ans}}{\text{taux d'AVP autres impliqués attribués aux conducteurs de 65-74 ans}}$$

III. RÉSULTATS

III.1. DESCRIPTION DES ACCIDENTS DES CONDUCTEURS ÂGÉS

Les conducteurs de 75 ans ou plus représentent 3,2 % des 1 215 174 conducteurs de voiture impliqués dans un accident corporel et 5,4 % des 66 058 conducteurs impliqués dans un accident mortel. Le Tableau 1 présente la proportion de conducteurs impliqués dans un accident mortel pour une classe d'âge et une caractéristique données. Hommes ou femmes, les conducteurs âgés de 75 ans ou plus sont presque deux fois plus souvent impliqués dans un accident mortel par rapport aux conducteurs de 25-64 ans. Les accidents mortels des conducteurs de 75 ans ou plus se produisent plus fréquemment de jour, contre un véhicule ou un obstacle fixe, et cela en agglomération ou hors agglomération. Ils sont aussi plus fréquents dans toutes les situations de conduite et particulièrement en traversée de voie(s), puisque les conducteurs de 75 ans ou plus sont quatre fois plus souvent impliqués dans un accident mortel par rapport aux conducteurs de 25-64 ans (9,8 *vs* 2,5 %).

III.2. RISQUE D'ACCIDENT MORTEL DANS UNE SITUATION DE CONDUITE DONNÉE PAR RAPPORT À UN TOUT AUTRE ACCIDENT

Le Tableau 2 présente, pour chaque classe d'âge de conducteurs, les risques bruts et ajustés d'être impliqué dans un accident mortel, pour eux-mêmes ou pour un autre usager, dans une situation de conduite donnée, par rapport à une implication dans un tout autre accident. Par rapport aux conducteurs de 25-64 ans, les conducteurs âgés de 75 ans ou plus ont un risque brut significativement augmenté d'accident mortel dans les quatre situations de conduite. Ce risque est multiplié par 18,6 en traversée de voie(s).

La prise en compte du genre, du moment de la journée, du type d'antagoniste et du réseau routier, modifient peu les risques de chaque classe d'âge de conducteurs d'être impliqués dans un accident mortel, et cela toujours par rapport à la même classe d'âge de référence. Ainsi, par rapport aux conducteurs de 25-64 ans et après ajustement sur ces facteurs, les conducteurs de 75 ans ou plus ont 16,7 fois plus de risque d'être impliqués dans un accident mortel en traversée de voie(s), que d'être impliqués dans un tout autre accident. Les risques d'accident mortel dans les autres situations de conduite sont de deux à trois fois plus élevés pour les conducteurs âgés.

III.3. TAUX D'AVP DE CONDUCTEURS ET TAUX D'AVP DES AUTRES IMPLIQUÉS

Le Tableau 3 présente les taux d'AVP attribués à chaque classe d'âge de conducteurs, les années de vie disponibles et les AVP étant réparties

Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres

83

TABLEAU 1

Proportion de conducteurs impliqués dans un accident mortel pour une classe d'âge et une caractéristique du conducteur ou de l'accident données

Proportion of drivers involved in a fatal crash given for an age class and for a driver or a crash characteristic

		Effectif ^a	Âge des conducteurs				Ensemble
			≤ 24	25-64	65-74	≥ 75	
Sexe	Homme	838 239	6,9	5,8	7,6	10,1	6,1
	Femme	376 935	4,2	3,9	6,0	7,4	4,0
Moment de la journée							
	Jour	822 880	4,6	4,1	6,8	9,4	4,4
	Nuit	392 294	8,3	7,5	9,1	10,0	7,6
Type d'antagoniste							
	Aucun, piéton/animal	115 614	5,4	4,5	4,3	3,6	4,5
	Véhicule mobile seul	723 562	4,8	4,6	6,7	9,0	4,7
	Véhicule mobile + obstacle fixe	30 721	8,1	7,2	8,9	13,3	7,5
	Obstacle fixe seul	170 266	11,0	10,5	14,8	18,0	10,9
	Autre, non réponse	174 984	3,5	3,1	5,5	7,7	3,2
Type de réseau							
	Agglomération	793 425	2,8	1,9	2,7	3,9	2,1
	Hors agglomération	421 749	12,0	11,3	13,7	17,2	11,8
Type de situation de conduite ^b							
	Circulation normale	735 606	6,3	5,4	7,4	8,6	5,8
	Changement de voie	134 275	4,1	3,0	3,8	5,3	3,4
	Mauvaise voie	93 106	12,0	11,3	15,9	20,4	12,0
	Traversée de voie(s)	162 086	2,6	2,5	5,6	9,8	3,2
Ensemble des accidents corporels							
	% ligne	1 215 174	21,1	70,4	5,3	3,2	5,4

Exemple : pour 6,9 % des conducteurs hommes âgés de moins de 25 ans impliqués dans un accident corporel, l'accident était mortel.

a Nombre de conducteurs impliqués dans un accident corporel.

b Les effectifs des véhicules à l'arrêt et des situations non renseignées ne sont pas présentés.

Example: the crash was fatal for 6.9% of the men drivers below the age of 25 years and involved in an injury crash.

a Number of drivers involved in an injury crash.

b The numbers for stationary vehicle and misinformed driving situation are not shown.

TABLEAU 2

Risques bruts et ajustés d'être impliqué dans un accident mortel pour une situation de conduite donnée, par rapport à un tout autre accident

Crude and adjusted fatal crash risks in a given driving situation, compared to an involvement in another crash

Âge des conducteurs	Risque d'être impliqué dans un accident mortel		
	Effectif ^a	OR bruts (IC 95 %)	OR ajustés ^b (IC 95 %)
En circulation normale			
≤ 24	9 987	1,36 (1,31-1,41)***	0,94 (0,90-0,97)***
25-64		ref.	ref.
65-74	2 699	1,56 (1,48-1,66)***	1,75 (1,64-1,85)***
75+	1 702	2,17 (2,04-2,31)***	2,36 (2,21-2,53)***
En changement de voie			
≤ 24	1 205	1,43 (1,28-1,59)***	1,21 (1,08-1,35)***
25-64	2 813	ref.	ref.
65-74	266	1,69 (1,42-2,02)***	1,55 (1,30-1,85)***
75+	231	3,29 (2,79-3,89)***	2,89 (2,44-3,41)***
Sur une mauvaise voie			
≤ 24	3 089	1,41 (1,34-1,49)***	1,14 (1,08-1,21)***
25-64	6 822	ref.	ref.
65-74	667	1,46 (1,33-1,60)***	1,43 (1,30-1,57)***
75+	603	2,16 (1,96-2,38)***	2,07 (1,87-2,28)***
En traversée de voie(s)			
≤ 24	775	0,85 (0,74-0,99)*	0,84 (0,72-0,97)
25-64	2 722	ref.	ref.
65-74	718	6,17 (5,48-6,94)***	5,59 (4,96-6,30)***
75+	987	18,6 (16,8-20,5)***	16,7 (15,1-18,5)***

Exemple : par rapport aux 25-64 ans, les conducteurs de moins de 25 ans ont 1,36 fois plus de risque d'être impliqués dans un accident mortel en circulant normalement, que d'être impliqués dans un tout autre accident.

a Nombre de conducteurs de chaque classe d'âge impliqués dans un accident mortel dans une situation de conduite donnée.

OR = odds ratios ; IC 95 % = intervalle de confiance à 95 %.

b Ajustement sur le genre, le moment de l'accident, le type d'antagoniste, et le type de réseau ; ref. = classe de référence ; *p < 0,05 ; ***p < 0,001.

Example: compared to drivers aged of 25-64 years old, drivers below the age of 25 years have an increased risk of 1.36 to be involved in a fatal crash as they drive normally, rather than being involved in another crash.

Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres

85

a Number of drivers of each age class involved in a fatal crash and in a given driving situation.
OR = odds ratios; *IC* 95% = 95% confidence interval.

b Adjusted for gender, time of day, type of other vehicle involved and living environment;
 ref. = reference class; **P* < 0.05; ****P* < 0.001.

selon la méthode ECM décrite précédemment. La partie haute du tableau concerne les taux d'AVP de conducteurs, la partie basse concerne les taux d'AVP des autres impliqués dans l'accident. Dans toutes les situations de conduite, les conducteurs perdent une part de plus en plus grande de leurs années de vie disponibles lorsque leur âge augmente. À 75 ans ou plus comme aux autres âges, c'est en circulant sur une mauvaise voie que les conducteurs perdent le plus d'années de vie : sur 100 années de vie disponibles de conducteurs âgés de 75 ans ou plus impliqués dans un accident corporel dans lequel ils circulaient sur une mauvaise voie, 14,31 ont été perdues dans cette situation de conduite. Puis c'est en traversant une ou plusieurs voies que les conducteurs âgés de 75 ans ou plus perdent le plus d'années de vie.

Quant aux taux d'AVP des autres impliqués, à 75 ans ou plus comme aux autres âges, c'est aussi en circulant sur une mauvaise voie que les conducteurs font perdre le plus d'années de vie aux autres impliqués. Toutefois, les taux d'AVP des autres impliqués baissent significativement dans toutes les situations de conduite lorsque l'âge du conducteur augmente : sur 100 années de vie disponibles des autres impliqués dans un accident corporel avec un conducteur de voiture de moins de 24 ans qui traversaient une ou plusieurs voies de circulation, 2,43 ont été perdues ; ce taux est de 1,05 % lorsqu'il s'agit d'un conducteur âgé de 75 ans ou plus.

La Figure 1 présente, pour chaque classe d'âge de conducteurs, le ratio entre le taux d'AVP de conducteurs et le taux d'AVP des autres impliqués (obtenus dans le Tableau 3), et cela dans chacune des situations de conduite. Dès 65 ans et plus, les conducteurs perdent toujours plus de leurs propres années de vie qu'ils n'en font perdre aux autres ; le ratio est en effet supérieur à 1 dans les quatre catégories de situations de conduite ; ce qui n'est pas le cas pour les conducteurs plus jeunes qui sont plus dangereux pour les autres impliqués que pour eux-mêmes lorsqu'ils traversent une ou plusieurs voies de circulation ou lorsqu'ils changent de voie (ratio < 1).

TABLEAU 3

Taux d'années de vie perdues (AVP) dans chaque situation de conduite attribués à chaque classe d'âge de conducteurs

Rate of lost life years for each driving situation, attributed to drivers' age class

Taux attribués à chaque classe d'âge de conducteurs se trouvant dans une situation de conduite donnée, pour 100 années de vie disponibles de conducteurs (haut du tableau), puis pour 100 années de vie disponibles des autres impliqués (bas du tableau)

Rates attributed to each age class of drivers in a given driving situation. These are expressed per 100 remaining life years of drivers (top of the table), and per 100 remaining life years of the other road users involved in the crash (bottom of the table)

Âge des conducteurs	Circulation normale	Changement de voie	Mauvaise voie	Traversée de voie(s)
Taux d'AVP des conducteurs				
≤ 24	3,44	1,74	7,44	0,86
25-34	2,67	1,29	7,48	0,71
35-44	2,41	1,24	6,68	0,70
45-54	2,44	1,10	8,46	0,85
55-64	2,71	1,26	8,77	1,37
65-74	3,84	1,90	11,63	3,06
≥ 75	5,55	3,10	14,31	6,48
<i>p</i> ^a	< 0,0001 ^b	< 0,0001 ^b	< 0,0001 ^b	< 0,0001 ^b
Taux d'AVP des autres impliqués				
≤ 24	3,18	2,23	4,74	2,43
25-34	2,54	1,76	4,37	1,86
35-44	2,22	1,33	3,49	1,74
45-54	2,30	1,39	2,91	1,54
55-64	2,19	1,35	2,92	1,10
65-74	2,33	1,16	3,35	1,26
≥ 75	1,89	0,91	3,02	1,05
<i>p</i> ^a	< 0,0001 ^c	< 0,0001 ^c	< 0,0001 ^c	< 0,0001 ^c

^a Test de tendance bilatéral de Cochran-Armitage réalisé sur les nombres d'années de vie perdues et non perdues attribuées aux trois classes d'âge inférieur à 65, 65-74 et 75+.

^b Augmentation.

^c Baisse.

^a Bilateral Cochran-Armitage trend test based on the number of lost and non lost life year attributed to the three age classes inferior to 65, 65-74 et 75+.

^b Increase.

^c Decrease.

Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres

87

Exemple : 3,44 % des années de vie des conducteurs de voiture, âgés de moins de 25 ans et qui conduisaient normalement, ont été perdues. Parallèlement, cette même classe d'âge de conducteurs qui conduisaient normalement a contribué à la perte de 3,18 % des années de vie des autres impliqués dans l'accident.

Example: drivers below the age of 25 years who drove normally lose 3.44 % of their remaining life years at the time of the crash. In the same time, they contributed to the loss of 3.18% of the remaining life years of the other road users involved in the crash.

Ratio : taux d'AVP des conducteurs /
taux d'AVP des autres impliqués

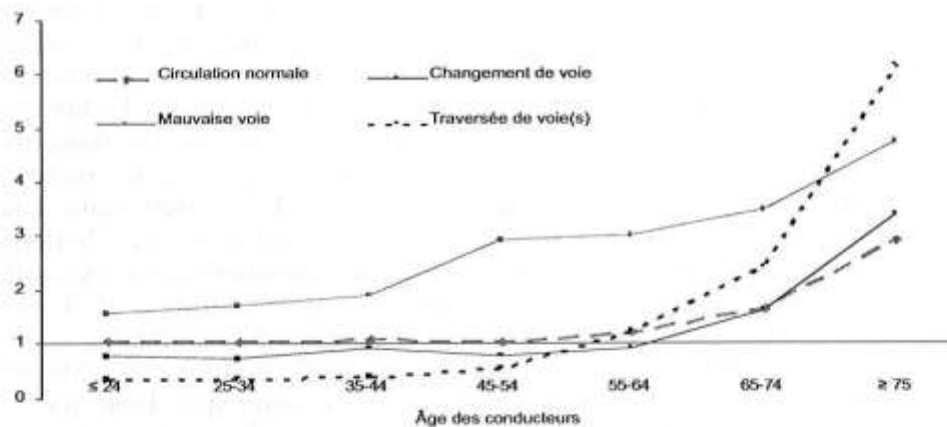


Fig. 1. — Ratio entre le taux d'AVP de conducteurs et le taux d'AVP des autres impliqués, pour chaque classe d'âge de conducteurs et chaque situation de conduite

Ratio between the rate of lost life years of drivers and the rate of lost life years of the other road users for each age class of drivers in a given driving situation

IV. DISCUSSION

Nous retrouvons, comme les autres auteurs, une plus forte implication des conducteurs âgés dans des accidents en intersection ou traversée de voie(s), ce type de manœuvre étant reconnue pour être exigeante au plan attentionnel et exécutif. Le conducteur doit en effet apprécier l'état du trafic dans les deux sens, signaler aux autres conducteurs son intention de tourner s'il s'agit d'un changement de direction, estimer la vitesse d'approche des autres véhicules et le temps disponible pour effectuer la manœuvre, patienter si besoin ou programmer les séquences d'actions pour traverser une voie de circulation ou tourner à gauche, tout en mettant à jour l'état du trafic par rapport au contrôle initial. Le bon déroulement de ces différentes opérations implique différentes composantes de l'attention (Lemerancier et Cellier, 2008). La première est l'attention sélective qui fait référence aux capacités pour le conducteur à focaliser son attention sur les informations

pertinentes à l'action qu'il envisage de réaliser, à inhiber les informations non pertinentes afin de ne pas surcharger sa mémoire de travail, et à réorienter son attention vers des sources d'informations devenues pertinentes (*shifting*). La deuxième composante est l'attention partagée ou divisée qui permet de prêter attention à plusieurs éléments de la situation dans un même laps de temps. Enfin, un état d'alerte et de vigilance de niveau suffisant est requis afin d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble des processus cognitifs. Différentes composantes des fonctions exécutives sont aussi fortement impliquées dans les processus de décision et de planification, en particulier des processus d'inhibition des actions non pertinentes pour protéger l'action en cours et des processus de mise à jour et de *shifting* pour initier de nouvelles séquences d'actions. Enfin, le temps de traitement de l'information est beaucoup plus long dans les situations de conduite les plus contrôlées comme la traversée de voies ou le tourne à gauche qui nécessitent en plus des prises de décisions et des actions rapides. Le fait que ces processus soient altérés dans le vieillissement pathologique et, dans une moindre mesure, dans le vieillissement normal explique certainement la forte implication des conducteurs âgés dans les accidents intervenant dans ces situations de conduite. Les résultats sont aussi cohérents avec de nombreuses publications montrant que les processus attentionnels et exécutifs sont associés au risque d'accident (Owsley *et al.*, 1998 ; Stutts *et al.*, 1998 ; McKnight et McKnight, 1999 ; De Raedt et Ponjaert-Kristoffersen, 2000 ; Sims *et al.*, 2000 ; Ball *et al.*, 2006 ; Rubin *et al.*, 2007 ; Lafont *et al.*, 2008b).

Le résultat principal de notre étude est de montrer que, bien que les conducteurs âgés aient un risque majeur d'être impliqué dans un accident mortel dans ces situations de traversée de voie(s), ils sont néanmoins moins dangereux pour les autres impliqués par rapport à des conducteurs plus jeunes, lorsqu'on évalue la dangerosité par le nombre d'AVP. Nous avons montré dans un article précédent que les conducteurs âgés faisaient perdre moins d'années de vie aux autres impliqués que les conducteurs plus jeunes, mais sans explorer l'impact de la situation de conduite sur les taux d'AVP (Lafont *et al.*, 2008a). Dans la présente étude, nous montrons que les résultats obtenus précédemment restent vrais dans toutes les situations de conduite, y compris les situations pour lesquelles l'effet de l'âge est maximal (traversée de voie(s)).

La détermination de la responsabilité est bien sûr cruciale dans cette problématique. Or, la notion de responsabilité reste un concept complexe à définir, car être responsable d'un accident mortel pour un conducteur signifie avoir contribué de façon significative à sa survenue mais aussi à son issue. Cette issue, mortelle ou non, de l'accident dépend de nombreux paramètres, et en particulier de l'état de santé des impliqués. Par conséquent, la plus grande fragilité des conducteurs âgés va les conduire à être plus souvent impliqués dans un accident mortel. C'est en particulier pour palier ce biais de sélection que nous avons proposé la méthode d'équicontribution qui ne préjuge ni des causes de l'accident ni de son issue, mortelle ou non.

Concernant la qualité des données, une étude récente sur la gravité des blessures a montré qu'il existait des biais lorsque les données d'accidents étaient recueillies par les forces de l'ordre (Amoros *et al.*, 2006). Toutefois,

les biais mis en évidence portaient sur la sévérité et le type d'usager impliqué dans l'accident, les blessures légères de même que les accidents impliquant un cycliste étant les moins bien recensés. À l'inverse, les usagers de 65 ans et plus avaient significativement plus de chance d'être recensés dans la base de données nationales d'accident. Ces biais de sélection ne devraient donc pas modifier nos résultats. Quant à la détermination des différentes situations de conduite précédant l'accident, il existe probablement des différences de codage entre les différents agents des forces de l'ordre. C'est une des raisons pour laquelle nous avons défini des catégories de situations de conduite génériques, sans chercher à les caractériser plus finement.

CONCLUSION

La prise en compte de l'âge des impliqués par le calcul des années de vie disponibles et perdues pour les conducteurs eux-mêmes et pour les autres impliqués montre que les conducteurs âgés représentent une menace plus faible pour les autres usagers que des conducteurs plus jeunes, et cela quelle que soit la situation de conduite dans laquelle ils étaient engagés avant l'accident. Les conducteurs âgés contribuent essentiellement à leur propre décès du fait de leur plus grande fragilité. Il est donc important d'un point de vue santé publique de développer des stratégies pour protéger les conducteurs âgés des risques qu'ils encourent, en particulier lorsqu'ils traversent une ou plusieurs voies ou tournent à gauche en coupant une voie de circulation. Des infrastructures adaptées à leurs difficultés peuvent être proposées (Davidse, 2006), de même que le développement d'assistance à la conduite et de systèmes de protection des conducteurs à l'intérieur du véhicule. Il est par ailleurs important de sensibiliser les conducteurs de tous les âges aux modifications cognitives qui interviennent au cours du vieillissement, particulièrement à l'existence d'un ralentissement des processus de prise d'information et de décision, afin de les aider à comprendre les difficultés ressenties par certains conducteurs âgés dans des situations de conduite complexe. Les messages d'information et de prévention doivent s'adresser à l'ensemble des conducteurs et particulièrement les plus jeunes qui représentent une menace plus importante pour les autres, notamment lorsque les conducteurs jeunes traversent une ou plusieurs voies de circulation ou lorsqu'ils changent de voie de circulation.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par l'Agence nationale de la recherche dans le cadre du programme véhicules pour les transports terrestres (édition 2005). Les auteurs de cet article sont membres du Réseau Éveil Sommeil Attention et Transport (RESAT).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amieva H., Lafont S., Auriacombe S., Le Carret N., Dartigues J.F., Orgogozo J.M., *et al.*, 2002. Inhibitory breakdown and dementia of the Alzheimer type: a general phenomenon? *J Clin Exp Neuropsychol* 24(4), 503-16.
- Amieva H., Lafont S., Auriacombe S., Rainville C., Orgogozo J.M., Dartigues J.F., *et al.*, 1998. Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol* 20(2), 280-5.
- Amieva H., Lafont S., Dartigues J.F., Fabrigoule C., 1999. Selective attention in Alzheimer's disease: Analysis of errors in Zazzo's cancellation task. *Brain and Cognition* 40, 26-9.
- Amieva H., Lafont S., Rouch-Leroyer I., Rainville C., Dartigues J.F., Orgogozo J.M., *et al.*, 2004. Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer's disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop test. *Arch Clin Neuropsychol* 19(6), 791-803.
- Amoros E., Martin J.L., Laumon B., 2006. Under-reporting of road crash casualties in France. *Accid Anal and Prev* 38(4), 627-35.
- Ball K., Owsley C., Stalvey B., Roenker D.L., Sloane M.E., Graves M., 1998. Driving avoidance and functional impairment in older drivers. *Accid Anal Prev* 30(3), 313-22.
- Ball K.K., Roenker D.L., Wadley V.G., Edwards J.D., Roth D.L., McGwin G., Jr., *et al.*, 2006. Can high-risk older drivers be identified through performance-based measures in a Department of Motor Vehicles setting? *J Am Geriatr Soc* 54(1), 77-84.
- Braver E.R., Trempel R.E., 2004. Are older drivers actually at higher risk of involvement in collisions resulting in deaths or non-fatal injuries among their passengers and other road users? *Inj Prev* 10(1), 27-32.
- Cirera E., Plasencia A., Ferrando J., Segui-Gomez M., 1998. Factors associated with severity and hospital admission of motor-vehicule injury cases in a southern European urban area. 42nd annual proceedings of AAAM. Charlottesville, Virginia.
- Cook L.J., Knight S., Olson L.M., Nechodom P.J., Dean J.M., 2000. Motor vehicle crash characteristics and medical outcomes among older drivers in Utah, 1992-1995. *Ann Emerg Med* 35(6), 585-91.
- Cooper P.J., 1990. Differences in accident characteristics among elderly drivers and between elderly and middle-aged drivers. *Accid Anal Prev* 22(5), 499-508.
- Davidse R.J., 2006. Assisting the older driver: Intersection design and in car devices to improve the safety of the older driver (thesis). Institute for Road Safety Research (SWOV). Leidschendam, Nederland, 260 p.
- De Raedt R., Ponjaert-Kristoffersen I., 2000. The relationship between cognitive/neuropsychological factors and car driving performance in older adults. *J Am Geriatr Soc* 48, 1664-8.
- Dellinger A., Langlois J., Li G., 2002. Fatal crashes among older drivers: decomposition of rates into contributing factors. *Am J Epidemiol* 155(3), 234-40.
- Dellinger A.M., Kresnow M.J., White D.D., Sehgal M., 2004. Risk to self *versus* risk to others: how do older drivers compare to others on the road? *Am J Prev Med* 26(3), 217-21.
- Dulisse B., 1997. Older drivers and risk to other road users. *Accid Anal Prev* 29(5), 573-582.
- Evans L., 1988. Risk of fatality from physical trauma *versus* sex and age. *J Trauma* 28(3), 368-78.
- Evans L., 2000. Risks older drivers face themselves and threats they pose to other road users. *Int J Epidemiol* 29(2), 315-22.

- Fontaine H., Gourlet Y., 1991. L'insécurité routière des personnes âgées. *Recherche Transports Sécurité* 350, 390-5.
- Hakamies-Blomqvist L., Henriksson P., 1999. Cohort effects in older drivers' accident type distribution: Are older drivers as old as they used to be? *Transp Res Part F* 2, 131-8.
- INED 2003. Institut national de la statistique et des études économiques (France). La situation démographique en 2001 : mouvement de la population. Paris, INSEE.
- Jacqmin-Gadda H., Fabrigoule C., Commenges D., Dartigues J.F., 1997. A 5-year longitudinal study of the mini-mental state examination in normal aging. *Am J of Epidemiol* 145(6), 498-506.
- Lafont S., Amoros E., Gadegbeku B., Chiron M., Laumon B., 2008a. The impact of driver age on lost life years for other road users in France: a population-based study of crash-involved road users. *Accid Anal Prev* 40, 289-94.
- Lafont S., Laumon B., 2003. Vieillesse et gravité des atteintes lésionnelles des victimes d'accident de la circulation routière (abridged version in english). *Recherche Transports Sécurité* 79, 121-33.
- Lafont S., Laumon B., Helmer C., Dartigues J.F., Fabrigoule C., 2008b. Driving cessation and self reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 21(3), 171-82.
- Le Carret N., Lafont S., Mayo W., Fabrigoule C., 2003. The effect of education on cognitive performances and its implication for the constitution of the cognitive reserve. *Dev Neuropsychol* 23(3), 317-37.
- Lemercier C., Cellier J.M., 2008. Les défauts de l'attention en conduite automobile: inattention, distraction, et interférence. *Le Travail Humain* 71(3), 271-296.
- Li G., Braver E., Chen L., 2003. Fragility versus excessive crash involvement as determinant of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accid Anal Prev* 35, 227-35.
- Martin J.L., Lenguerrand E., 2008. A population-based estimation of the driver protection provided by passenger cars: France 1996-2005. *Accid Anal Prev* 40(6), 1811-21.
- McCoy G.F., Johnston R.A., Duthie R.B., 1989. Injury to the elderly in road traffic accidents. *J Trauma* 29(4), 494-7.
- McKnight A.J., McKnight A.S., 1999. Multivariate analysis of age-related drivers' ability and performance deficits. *Accid Anal Prev* 31(5), 445-54.
- Owsley C., Ball K., McGwin G., Jr, Sloane M.E., Roenker D.L., White M.F., et al., 1998. Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *Jama* 279(14), 1083-8.
- Parasuraman R., Haxby J.V., 1993. Attention and brain function in Alzheimer's disease: a review. *Neuropsychology* 7(3), 242-72.
- Park D.C., 1999. The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. *Cognitive aging: a primer*, Psychology Press, 3-21.
- Preusser D.F., Williams A.F., Ferguson S.A., Ulmer R.G., Weinstein H.B., 1998. Fatal crash risk for older drivers at intersections. *Accid Anal Prev* 30(2), 151-9.
- Rainville C., Amieva H., Lafont S., Dartigues J.F., Orgogozo J.M., Fabrigoule C., 2002. Executive function deficits in patients with dementia of the Alzheimer's type: a study with a Tower of London task. *Arch Clin Neuropsychol* 17(6), 513-30.
- Rubin G.S., Ng E.S., Bandeen-Roche K., Keyl P.M., Freeman E.E., West S.K., 2007. A prospective, population-based study of the role of visual impairment in motor vehicle crashes among older drivers: the SEE study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 48(4), 1483-91.
- Ryan G.A., Legge M., Rosman D., 1998. Age related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accid Anal Prev* 30(3), 379-87.

- Sims R.V., McGwin G., Jr., Allman R.M., Ball K., Owsley C., 2000. Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55 (1), M22-7.
- Sjögren H., Björnstig U., Eriksson A., Sonntag-Östrom E., Östrom M., 1992. *Elderly in the traffic environment: Analysis of fatal crashes in Northern Sweden*. 36th annual proceedings of AAAM, Portland, Oregon.
- Stutts J.C., Stewart J.R., Martell C., 1998. Cognitive test performance and crash risk in an older drivers' population. *Accid Anal Prev* 30(3), 337-46.
- Valent F., Schiava F., Savonitto C., Gallo T., Brusaferrro S., Barbone F., 2002. Risk factors for fatal road traffic accidents in Udine, Italy. *Accid Anal Prev* 34(1), 71-84.
- Van Elslande P., 2003. Les erreurs des conducteurs âgés. Elderly drivers errors (abridged version in english). *Recherche Transports Sécurité* 81, 190-202.
- Zhang J., Fraser S., Lindsay J., Clarke K., Mao Y., 1998. Age-specific patterns of factors related to fatal motor vehicle traffic crashes: focus on young and elderly drivers. *Public Health* 112(5), 289-95.

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude est d'évaluer, dans les situations de conduite les plus affectées par des troubles liés à l'âge, l'éventuelle menace que représentent les conducteurs âgés par rapport aux conducteurs plus jeunes. La population d'étude est constituée de l'ensemble des personnes impliquées dans un accident corporel survenu en France entre 1996 et 2005 et impliquant au moins un conducteur de voiture. Le risque d'être impliqué dans un accident mortel dans quatre grandes catégories de situations de conduite a été estimé selon l'âge du conducteur. Puis le taux d'années de vie perdues (AVP) attribué à chaque classe d'âge de conducteurs a été estimé pour chacune des situations de conduite. Par rapport aux conducteurs de 25-64 ans, les conducteurs âgés de 75 ans ou plus ont 16,7 fois plus de risque (IC 95 % = 15,1-18,5) d'être impliqué dans un accident mortel en traversée de voie(s), qu'être impliqués dans un tout autre accident. Toutefois, dans chaque situation de conduite, le taux d'AVP des autres impliqués baisse significativement lorsque l'âge du conducteur augmente. Les conducteurs âgés représentent donc une menace plus faible pour les autres usagers que les conducteurs plus jeunes. Des actions de sensibilisation aux dangers que chaque classe d'âge de conducteur fait courir aux autres usagers et une plus grande information sur les troubles liés au vieillissement devraient permettre une meilleure estimation des risques par la population.

Mots clés : conducteurs âgés, années de vie perdues, risque pour les autres, situations de conduite, attention, vitesse de traitement

Manuscrit reçu : septembre 2008 ;
accepté après révision par A. Lancry : juillet 2009

[A50]

ARTICLE ORIGINAL

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

Cognitive protocol for providing advice for older drivers

Colette FABRIGOULE, Julien CLÉMENT, Amandine COQUILLAT, Bernard LAUMON, Sylviane LAFONT

RÉSUMÉ

Contexte : La conduite automobile est une activité complexe qui requiert, en plus des capacités sensorielles et fonctionnelles de l'appareil locomoteur, des capacités cognitives qui peuvent diminuer avec l'âge et perturber la conduite automobile. En France où il n'existe pas de procédure spécifique de suivi des conducteurs âgés, les médecins ont une obligation de conseil en matière de contre-indications médicales à la conduite. Or ils ne disposent pas d'outils cognitifs validés leur permettant d'apprécier les répercussions éventuelles des troubles cognitifs sur l'aptitude à la conduite automobile.

Objectifs : Étudier la faisabilité par les médecins et l'acceptation par les conducteurs âgés d'un protocole permettant de détecter des déficits cognitifs pouvant perturber la conduite automobile.

Méthodes : 92 médecins généralistes tirés au sort sur des listes professionnelles ont accepté de participer à l'étude. Ils ont inclus 541 conducteurs âgés de 70 ans ou plus. Les médecins ont proposé à leurs patients un questionnaire de mobilité routière, deux tests cognitifs, le Trail Making Test A et B et le test des Codes de Wechsler, l'échelle des 4-IADL et le test de Up and Go.

Résultats : Les outils cognitifs proposés ont été jugés satisfaisants quant à leur faisabilité (75 à 99% selon le test jugé) et à leur utilité clinique (83 à 86% selon le test). Une bonne validité de la passation des tests cognitifs a été observée et 70% des médecins se

SUMMARY

Background: Driving is a complex activity requiring, in addition to sensorial and functional abilities of the motor system, cognitive abilities that can decline with age and affect driving. Although in France there is no specific procedure for monitoring elderly drivers, physicians have an obligation to provide medical advices in case of contraindications to driving. Furthermore, there are no validated cognitive tools to assess the potential impact of cognitive impairment on driving ability.

Objectives: To study a protocol for the detection of cognitive deficits that may interfere with driving in relation to its feasibility by physicians and acceptance by older drivers.

Methods: 92 GPs were randomly selected from professional lists and agreed to participate in the study. They included 541 drivers aged 70 years or older. Physicians proposed to their patients a road mobility questionnaire, two cognitive tests, the Trail Making Test A and B and the Digit symbol substitution test, the 4-IADL scale, and the Up and Go test.

Results: Proposed cognitive tools were satisfactory as to their feasibility (75-99% according to the test judged) and their clinical utility (83-86% according to the test). The administration of the cognitive tests had good validity and 70% of doctors were willing to use this protocol in their practice.

USR 3413 CNRS-Université Bordeaux Segalen (CE), Hôpital Pellegrin, Tripode, 33 Bordeaux ; UMR T9405 IFSTTAR/Université Lyon 1, (JC,AC,BL,SL), 69 Bron ; France.

Article reçu le 09.11.2012 et accepté le 13.11.2012.

Auteur correspondant : Madame Colette Fabrigoule, USR 3413 CNRS-Université Bordeaux Segalen, Hôpital Pellegrin, Tripode 13^{ème} étage, Place Amélie Raba Léon, 33076 Bordeaux cedex ; France.
E-mail : colette.fabrigoule@u-bordeaux2.fr

 Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

sont déclarés prêts à utiliser ce protocole dans leur pratique courante.

Conclusion : Au final, ces résultats montrent la faisabilité par les médecins et l'acceptation par les patients d'un protocole permettant de détecter des déficits cognitifs pouvant perturber la conduite automobile chez les conducteurs âgés.

Mots clés : Conducteurs âgés - Médecins généralistes - Protocole cognitif - Conseil aux patients - Adaptation de la conduite.

Conclusion: The protocol for the detection of cognitive disorders interfering with driving showed a good feasibility by physicians and good acceptance by older drivers.

La Revue de Gériatrie 2012 ; 37:707-718.

Key words: Older drivers - General practitioners - cognitive protocol- Patients counseling - Driving adaptation.

La conduite et les personnes âgées

La part des personnes âgées de 65 ans et plus augmente régulièrement dans la population française. Ce phénomène s'accompagne par conséquent d'un accroissement du nombre de conducteurs âgés exposés au risque routier. Ceux-ci sont moins souvent impliqués dans un accident de la route que les conducteurs plus jeunes lorsque le nombre d'accident d'une classe d'âge est rapporté à la population générale de cette même classe d'âge. Toutefois, parce qu'ils se déplacent moins, une augmentation des taux d'accident est observée à partir de 75 ans lorsque le nombre d'accidents est rapporté à la distance parcourue⁽¹⁾. Les accidents des conducteurs âgés ne sont pas les mêmes que ceux des plus jeunes. Avec l'âge, il y a une augmentation de la proportion d'accidents qui se produisent dans des situations complexes au niveau de l'analyse de la situation, et/ou nécessitant une grande rapidité de décision, dans des intersections par exemple⁽²⁾. Enfin, les personnes âgées sont plus fragiles physiquement et les conséquences des accidents sont plus lourdes en termes de gravité des blessures et de mortalité⁽³⁾. Il apparaît donc important de s'interroger sur les conditions qui concourent au mieux mobilité et sécurité.

Les aptitudes nécessaires à la conduite automobile et les modifications de ces aptitudes avec l'âge

La conduite automobile nécessite de bonnes capacités sensorielles, en particulier visuelles, et un bon fonctionnement de l'appareil locomoteur. Elle implique aussi des capacités cognitives. Les processus cognitifs permettent de prendre connaissance de notre milieu physique et social et d'interagir avec lui. La conduite automobile est une activité de la vie quotidienne très complexe cognitivement, car elle sollicite fortement les processus d'attention et de prise de décision. Un conducteur doit en permanence s'adapter à une situation routière changeante. Les différentes composantes de "l'attention" et des "fonctions exécutives" lui permettent de sélectionner les informations pertinentes et les actions adaptées à chaque situation.

Avec l'avancée en âge, certaines modifications physiologiques peuvent interférer avec la conduite. Il s'agit des problèmes liés aux organes sensoriels et à l'appareil locomoteur et surtout des modifications dans la sphère de la cognition. Les processus "d'attention sélective" et "d'attention divisée" sont légèrement perturbés, et il existe un ralentissement de la vitesse de traitement des informations⁽⁴⁾. En cas de pathologies cérébrales, ces processus sont encore plus affectés et des troubles des fonctions exécutives apparaissent, en particulier des troubles de flexibilité mentale⁽⁵⁾ et de planification⁽⁶⁾.

Les conducteurs seniors sont des conducteurs experts, au sens où ils ont acquis des routines de haut niveau, éléments de la "mémoire procédurale" ou "mémoire du savoir-faire" qui permettent de gérer automatiquement la plupart des situations routières habituelles en utilisant un minimum de ressources cognitives. Mais en cas de situations complexes nécessitant de traiter beaucoup d'informations à la fois, dans lesquelles il existe des conflits potentiels de réponses, ou dans lesquelles les contraintes temporelles sont fortes, les routines ne sont pas suffisantes. Les conducteurs les plus âgés, ou ceux qui sont fragilisés au plan neurologique, peuvent alors ne pas avoir les ressources cognitives suffisantes pour gérer la situation, ce qui peut générer un accident.

Facteurs de risque d'accidents chez les seniors

Les modifications des organes sensoriels ou de l'appareil locomoteur affectent l'aptitude à la conduite, mais, en moyenne, elles sont peu liées à un risque plus élevé d'accident⁽⁷⁾. Les études montrent que les conducteurs âgés sont conscients de leurs déficits moteurs ou visuels, et qu'ils s'y adaptent en réduisant leur exposition à la route (réduction de la fréquence de conduite ou du nombre de kilomètres, évitement de la conduite de nuit par exemple), ou en arrêtant l'activité de conduite automobile.

Les études nationales ou internationales montrent au contraire que les déficits cognitifs d'attention et de fonc-

 Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

tions exécutives sont associés à un risque augmenté d'accident, sans doute parce qu'ils sont moins bien perçus. Il est certainement difficile pour un conducteur d'identifier une modification de ses propres capacités cognitives. Certains conducteurs ayant des déficits cognitifs adaptent cependant leurs habitudes de conduite en réduisant la fréquence et la durée de leur exposition à la route ⁹⁷, mais tous ne le font pas. Ils conduisent alors d'une façon qui dépasse leurs capacités ⁹⁸.

Conduite automobile : conjuguer autonomie et sécurité

L'activité de conduite automobile est cruciale pour beaucoup de personnes âgées pour assurer leur mobilité et leur autonomie. Cependant, comme à d'autres âges de la vie, pour conduire en assurant sa propre sécurité, celle de ses passagers et celle des autres usagers de la route, il faut adapter ses habitudes de conduite et sa façon de conduire aux modifications de ses capacités. Si l'activité de conduite devient trop difficile parce qu'elle est affectée par des problèmes sensoriels, moteurs, cognitifs, ou de santé qui constituent des contre-indications, la cessation de l'activité de conduite automobile doit alors être envisagée, et elle doit s'accompagner de la mise en place des moyens de substitution pour assurer mobilité, autonomie et qualité de vie.

Le rôle du médecin au regard de la problématique de la conduite automobile de ses patients

La France fait partie des pays européens qui n'ont pas mis en place de procédures spécifiques pour les conducteurs âgés, procédures qui, selon un rapport de l'OCDE, n'ont d'ailleurs pas montré leur efficacité ⁹⁹. Pour tous les âges, l'arrêté du 21 décembre 2005 (modifié le 31 août 2010) fixe en France une liste des contre-indications médicales à la conduite (cf. document pour une conduite adaptée à sa santé dans le même numéro). Soumis au secret médical, les médecins n'ont pas à déclarer aux autorités un conducteur qui présente une contre-indication médicale à la conduite. Ils ont toutefois une obligation de conseil et d'information auprès de leurs patients. Mais en ce qui concerne les perturbations de la sphère cognitive, la liste des contre-indications médicales à la conduite est peu informative. Dans les pathologies neurologiques et psychiatriques, "la démence documentée, après avis spécialisé si nécessaire", fait partie des incompatibilités médicales à la conduite. Ce terme reste cependant imprécis, en l'absence de référence à un niveau de sévérité de la démence et de déficits cognitifs. En outre, les médecins ne disposent pas d'outils cognitifs validés leur permettant d'apprécier les répercussions éventuelles des troubles cognitifs sur l'aptitude à la conduite automobile.

OBJECTIF

L'objectif de cet article est d'étudier la faisabilité par les médecins et l'acceptation par les conducteurs âgés, d'un protocole comportant des outils cognitifs validés dans la population française pour détecter des déficits cognitifs susceptibles d'interférer avec leur capacité de conduite, et un questionnaire sur la mobilité des personnes âgées leur permettant de conseiller une mobilité adaptée à leurs capacités.

Les données sont issues de l'étude MG-CogCAPA ¹⁰⁰. Les outils cognitifs proposés s'appuient en grande partie sur les résultats de l'étude SEROVIE ¹⁰¹ (Sécurité Routière et Vieillesse), en population française, qui a montré l'association entre certaines performances cognitives et le risque d'accident ou la dangerosité de la conduite. Dans la partie épidémiologique de cette étude qui s'appuie sur la population bordelaise de l'étude des 3Cités (3C), les performances au test de Trail making-B étaient associées au risque d'accident dans les 5 dernières années ¹⁰². Dans la partie expérimentale en conduite réelle, c'est le test des codes de Wechsler qui s'est révélé le meilleur prédicteur d'une conduite dangereuse, dans une population de 76 conducteurs âgés dont 18 présentaient une démence de type Alzheimer débutante ¹⁰³.

Une étude préalable, l'étude "Conduite et Age" avait été réalisée pour étudier, chez des médecins participants à des réseaux gériatriques, la faisabilité d'un protocole cognitif. Elle avait montré une bonne faisabilité chez ces médecins. Dans cette nouvelle étude, le protocole proposé est plus court, et sa faisabilité est étudiée auprès d'un échantillon plus important de médecins généralistes sélectionnés de façon aléatoire sur les listes professionnelles.

MÉTHODES

Recrutement des médecins généralistes (MG)

Le nombre de MG a été déterminé par le nombre de conducteurs âgés nécessaire pour mettre en évidence une association entre les déficits attentionnels et exécutifs et la survenue d'un accident de la route. L'étude "Conduite et Age" avait montré qu'en demandant aux MG d'inclure 5 patients, ils en incluaient en moyenne 4,2. Pour inclure 960 conducteurs âgés, il était donc prévu de recruter 240 médecins (960/4). En supposant un taux de participation des MG de l'ordre de 15%, 1 600 médecins ont été tirés au sort à partir d'un fichier fourni par France Télécom, répertoriant les MG exerçant leur activité en France métropolitaine. Un second tirage au sort de 1 204 MG a été nécessaire

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

pour compléter le recrutement. À partir de février 2009, les 2 804 MG tirés au sort ont reçu, par voie postale, une lettre expliquant l'étude et une proposition de participation avec un coupon réponse à renvoyer. Un dédommagement correspondant à trois consultations médicales était proposé pour chaque patient inclus. Les MG qui ont accepté de participer ont ensuite reçu dans un second courrier tous les documents nécessaires à l'inclusion de cinq patients :

- une lettre d'information expliquant la démarche à suivre. Pour les médecins ayant choisi une version électronique du questionnaire, cette fiche contenait également l'adresse du site Internet, leur login et leur mot de passe (choix entre questionnaire papier ou électronique exprimé dans le coupon réponse) ;

- une fiche d'acceptation de l'étude par les patients. Les MG ont proposé systématiquement et successivement l'étude à tous les patients qui répondaient aux critères d'inclusion. Ils ont complété cette fiche d'acceptation dans laquelle étaient recueillis la date de consultation, le sexe du patient et sa date de naissance, la proposition ou non de l'étude par le MG (si non pourquoi), et l'acceptation ou non du patient (si non les raisons de son refus) ;

- une fiche signalétique sur laquelle étaient renseignés les noms, prénoms et adresse des patients ayant accepté de participer à l'étude. Ces informations étant nécessaires pour envoyer par courrier les questionnaires de suivi à 1 et 2 ans ;

- les notes d'informations et formulaires de consentement ;

- les tests fonctionnels et cognitifs utilisés ;

- les questionnaires de mobilité ;

- une fiche de commentaires à remplir par le médecin après l'inclusion des cinq patients, sur la faisabilité et l'utilité clinique des tests, ainsi que sur l'acceptation du protocole ;

- une note d'interprétation des tests neuropsychologiques ;

- un chronomètre pour la passation des tests.

Inclusion des conducteurs âgés

À partir d'une date de leur choix, les MG ont proposé l'étude à tous les patients consécutifs qui répondaient aux critères d'inclusion suivants : hommes ou femmes âgés de 70 ans ou plus, conducteur régulier ou occa-

sionnel, et maîtrisant la langue française. Les patients qui ont accepté le principe de l'étude ont lu avec le médecin la note d'information sur le protocole. Ils ont ensuite signé le formulaire de consentement éclairé dans lequel ils ont accepté de répondre à un questionnaire, d'avoir une évaluation fonctionnelle et cognitive, et de renvoyer par courrier un questionnaire annuel dans les deux prochaines années. Une visite dédiée à l'étude était programmée entre le médecin et le patient.

Le recueil initial réalisé par le médecin

Le questionnaire

Le questionnaire comprenait des variables sociodémographiques : genre, date de naissance, mode de vie (seul, en couple, autre), diplôme (regroupé ensuite en trois catégories : sans diplôme, CEP-CAP-BEP-Brevet, Bac et +), des variables de mobilité routière et d'accident : kilomètres parcourus par semaine en tant que conducteur de voiture, fréquence et motifs d'utilisation de la voiture, accès sans prendre sa voiture à certains commerces ou services de première nécessité, et accidents des deux dernières années. Puis le médecin a complété une fiche sur la santé du patient afin de déterminer s'il avait des antécédents de traumatisme crânien ou d'accident vasculaire cérébral, s'il présentait une maladie neurologique connue (Parkinson, Alzheimer ou autre maladie neurologique connue), et enfin s'il était traité pour une hypertension, un diabète, un excès de cholestérol ou avec des psychotropes.

L'évaluation cognitive et fonctionnelle

En plus des deux tests cognitifs validés dans l'étude SEROVIE, le Trail Making Test B et le test des Codes de Wechsler, l'évaluation cognitive et fonctionnelle comprenait l'échelle des 4-IADL et le test de Up and Go. L'échelle des 4-IADL permet d'obtenir des informations sur les conséquences éventuelles des déficits cognitifs en termes de perte d'autonomie dans les activités instrumentales de la vie quotidienne. Le test de Up and Go a été proposé à des fins de recherche. Il n'existe pas de donnée sur les liens entre les performances à ce test et les aptitudes à la conduite mais le suivi des patients de cette cohorte devrait permettre de déterminer dans quelle mesure les problèmes de marche et d'équilibre sont associés à un changement de mobilité routière ou à un risque d'accident.

* Les Trail Making Tests A et B ¹⁹

Dans la partie A (TMT-A), le sujet doit relier, le plus vite possible et dans l'ordre croissant, des chiffres de 1 à 25 répartis sur une feuille de papier. Un pré-test permet de vérifier que le sujet a compris la consigne. La forme habituelle de passation de ce test consiste à corriger le sujet à chacune de ses erreurs. Ici, la consigne donnée aux médecins est de corriger les quatre premiers dépla-

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

gements seulement, puis de le laisser poursuivre sans le corriger, en notant toutes les transitions réalisées entre les items de la page. Le test est chronométré. Les variables analysées sont le nombre de bons déplacements et le temps moyen par déplacement (temps rapporté au nombre total de déplacements, bons ou mauvais). La partie A fournit ainsi une mesure de la vitesse de traitement visuo-attentionnelle.

Dans la partie B (TMT-B), il doit relier le plus rapidement possible 13 chiffres et 12 lettres, en alternant systématiquement entre chiffres et lettres, tout en respectant l'ordre croissant des chiffres et des lettres. Le pré-test permet de vérifier que le sujet a compris la consigne. Comme pour la partie A, la consigne donnée aux médecins est de corriger les quatre premiers déplacements, puis de le laisser poursuivre sans le corriger, en notant toutes les transitions réalisées entre les items de la page. Les variables analysées sont le nombre de bons déplacements, le temps moyen par déplacement (bons ou mauvais) et un certain type d'erreurs, les persévérations⁹¹. Ces dernières consistent à persévérer sur la série de lettres ou la série de chiffres, au détriment de l'alternance entre les deux séries, et révèlent une difficulté pour le sujet à inhiber l'automatisme de l'une ou l'autre des séries. La partie B fournit donc une mesure des capacités de flexibilité mentale et une mesure de vitesse visuo-attentionnelle plus complexe que celle de la partie A.

* Le test des Codes de Wechsler⁹²

Dans ce test, deux séries de cases sont disposées l'une sous l'autre en haut de la page. Dans la série du haut sont écrits des chiffres de 1 à 9 et à chacun d'eux correspond dans la case au-dessous un symbole différent. En dessous sont disposées des lignes de chiffres associés à des cases vides. La personne doit compléter avec le symbole approprié les cases vides en se référant au modèle de correspondance chiffre/symbole situé en haut de la page. Après un essai, la personne a 90 secondes pour remplir le plus de cases possible. Ce test reflète la vitesse de traitement visuo-attentionnelle ; il implique l'attention visuo-spatiale et la coordination visuo-motrice. La mémoire incidente (non volontaire) de l'association entre les chiffres et les symboles peut également intervenir. Pour ce test, le nombre de bons symboles reportés en 90 secondes est étudié.

* L'échelle des 4 IADL a été utilisée comme mesure de l'autonomie. Cette échelle, dans sa version originale, comporte 7 activités instrumentales de la vie courante⁹³. Des travaux menés sur la cohorte Paquid ont cependant mis en évidence l'intérêt d'une version limitée aux quatre activités les plus corrélées à la cognition : l'utilisation du téléphone, d'un moyen de transport, la prise de médi-

cament et la gestion du budget⁹⁴. Pour chacune de ces activités, trois, quatre et parfois cinq réponses sont possibles, reflétant une augmentation progressive de la perte d'autonomie pour effectuer cette activité. Le premier niveau de dépendance est retenu comme seuil : une personne est donc classée dépendante si elle présente un premier niveau de restriction dans cette activité. Un score de 0 à 4 est ensuite calculé, résumant le nombre d'activités pour lesquelles il existe au moins une dépendance au premier niveau. D'autres travaux menés sur la cohorte Paquid ont montré d'une part que 84% des patients dépendants pour trois ou quatre activités ont eu un diagnostic de démence dans l'année qui a suivi⁹⁵, et d'autre part qu'il existait des corrélations significatives entre la capacité d'autonomie à ces activités et certaines performances cognitives, en particulier celles reflétant la vitesse de traitement⁹⁶. Les activités qui composent cette échelle requièrent en effet un bon niveau de contrôle cognitif pour être à un niveau de totale autonomie. Nous avons retenu comme seuil d'alerte témoignant d'une fragilité cognitive, une dépendance pour au moins trois activités.

* Le test de *Up and Go* a été utilisé pour tester une réduction des capacités de coordination des mouvements. La personne doit se lever de sa chaise, se rendre jusqu'à un mur ou une marque au sol situé à 3 mètres, faire demi-tour, revenir, faire le tour de la chaise et s'asseoir. La personne peut utiliser son aide à la marche (cane, déambulateur...) et son chaussage habituel. Ce test permet de détecter des troubles de la marche et de l'équilibre⁹⁷. Des troubles importants à ce test sont également associés à la présence de troubles cognitifs⁹⁸. Le temps pour effectuer ce test a été analysé.

Les données de suivi

Les conducteurs âgés ont reçu par voie postale un questionnaire un an, puis deux ans après leur entrée dans l'étude. Des informations complémentaires sur les participants ont été apportées par le médecin au moyen d'un questionnaire court envoyé entre les suivis 1 et 2 ans : état de santé, éventuels accidents de la route, présence de troubles cognitifs. Ce questionnaire aux médecins a également permis de recueillir des informations sur l'incidence de l'étude sur leurs conseils en matière de sécurité routière et plus généralement sur leur pratique clinique.

Analyses statistiques

Deux stratégies ont été utilisées pour juger de la performance des patients aux tests cognitifs. Dans un premier temps, les seuils des tests cognitifs mis en évidence dans l'étude SEROVIÉ ont été appliqués aux performances cognitives des conducteurs de l'étude. Pour le TMT-B, il s'agissait d'une variable associée au risque

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

d'accident dans une population de 986 conducteurs âgés⁽¹⁷⁾ : elle combinait les bons déplacements et les erreurs de persévérations (bons déplacements < 6 ou persévérations ≥ 5). Pour le test des Codes de Wechsler, le fait de compléter moins de 25 cases de façon correcte était le meilleur indicateur cognitif d'une conduite dangereuse⁽¹⁸⁾. Ces résultats sont issus du volet expérimental de l'étude SEROVIE. Toutefois les seuls déterminés dans ce type d'étude sont spécifiques aux caractéristiques de la population étudiée.

C'est pourquoi dans un second temps, une stratégie basée sur l'utilisation de normes publiées en langue française pour les tests considérés a été adoptée. Un test cognitif a été considéré comme bas si la performance se situait en dessous du 10^{ème} percentile de la distribution de ce test évalué dans une large population selon l'âge, le genre et le niveau d'études (et au-dessus du 90^{ème} percentile pour les temps). Ainsi, le nombre de bons déplacements et le temps total de passation au TMT-A puis au TMT-B ont été comparés aux normes de ces variables établies dans l'étude des 3C auprès de 8 995 personnes réparties selon l'âge (65-69, 70-74, 75-79, 80+), le genre et le niveau d'étude (primaire non validé, primaire validé et secondaire non validé, au moins secondaire validé)⁽¹⁹⁾. Ne disposant pas dans l'article cité d'informations au-delà du 75^{ème} percentile pour le nombre de persévérations, nous ne les avons pas prises en compte pour évaluer les performances au TMT-B. Le nombre de bons signes au test des Codes de Wechsler a été comparé aux normes établies dans la cohorte Paquid auprès de 1 328 personnes selon l'âge (70-74, 75-79, 80+), le genre et le niveau d'étude (aucun diplôme, CEP, Brevet et plus)⁽²⁰⁾.

RÉSULTATS

Participation

Participation des médecins généralistes

Sur les 2 804 médecins contactés, 13,0% ont renvoyé le coupon réponse, 266 ont accepté de participer (9,5%) et 99 ont refusé (3,5%). Le principal motif de refus de ces derniers était le manque de temps (55%), une clientèle estimée trop jeune (8%), ne jamais participer à des études (8%), ou encore une cessation d'activité prévue dans les deux ans (8%). Sur les 266 médecins qui ont accepté le principe de l'étude et reçu les documents, 92 ont réellement inclus au moins un patient (34,6%).

Participation des conducteurs âgés

Selon les informations recueillies sur la fiche d'acceptation de l'étude, les médecins ont proposé à 649 patients de participer et 541 ont accepté. Le taux de

participation des patients lors de ce recueil initial est donc de 83,2%. Les principales raisons données par les 108 patients qui ont refusé de participer étaient une non-envie de participer pour 29% d'entre eux, un manque de temps pour 13%, une crainte de la sanction (11%), un manque d'intérêt (8%), une crainte des tests (11%), une fréquence de conduite jugée insuffisante par le patient (5%), une impossibilité (2%), une raison médicale (2%). Dix-neuf pour-cent d'entre eux n'ont donné aucune raison à leur refus. Les 541 répondants ne se différençaient pas significativement en âge et en genre des 108 non répondants.

Un an après la phase d'inclusion, 454 personnes ont complété le questionnaire de suivi à 1 an (86%), et 75 ont refusé. Deux ans plus tard, 392 personnes ont complété le questionnaire de suivi à 2 ans (75%), et 53 ont refusé. On compte au total 21 décès, 12 entre l'inclusion et le premier suivi et 9 entre les deux suivis. Le taux de perdu de vue à 2 ans était de 23,7%.

Description de la population d'étude

La population des conducteurs inclus dans l'étude était âgée en moyenne de 77,0 ans (SD = 5,3) au moment de la visite chez le médecin, et composée d'une majorité d'hommes (65%). Le tableau 1 compare les distributions des variables sociodémographiques et de mobilité chez les hommes et chez les femmes. Les hommes sont significativement plus âgés que les femmes, la part d'hommes vivant en couple est plus importante, ils se déplacent plus en quantité mais les femmes se déplacent plus souvent et un peu plus qu'avant. La voiture est utilisée au moins une fois par semaine par 78% des conducteurs pour faire les courses, par 46% pour rendre visite à la famille ou aux amis, par 29% pour rendre service à ces derniers, et par 40% pour se déplacer dans le cadre des loisirs. Par ailleurs, sans véhicule, un tiers des patients n'a pas accès à une boulangerie, la moitié à une épicerie ou une boucherie, 58% n'ont pas accès à leur médecin, et 44% à une pharmacie. Concernant leur état de santé, 19 patients présentaient des antécédents de traumatisme crânien (3,6%), et 28 d'accident vasculaire cérébral (5,3%), 7 patients avaient une maladie de Parkinson, 11 une maladie d'Alzheimer, et deux patients une autre maladie neurologique. Au final, 57 patients présentaient un antécédent ou au moins une pathologie du système nerveux central (10,5%). Par ailleurs, 71% des patients étaient traités pour une hypertension artérielle, 42% pour une hypercholestérolémie, 16% pour un diabète et 21% consommaient des psychotropes.

Jugement sur les tests

par les médecins généralistes

La fiche de commentaires remplie par 88 médecins à la fin de la phase d'inclusion montre qu'une très grande

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

	Hommes, N=351 %	Femmes, N=190 %	Effectif	p-value
Age à l'inclusion				
Age moyen (SD)	77,6 (5,5)	75,6 (4,9)	541	<0,001
< 75 ans	32,2	44,7	198	0,01
75-79	34,5	32,6	183	
80-84	20,3	15,3	100	
85 et +	13,1	7,4	60	
Diplôme le plus élevé				0,5
sans diplôme	18,4	16,4	95	
CEP, CAP, BEP, Brevet	64,1	61,9	340	
Bac ou diplôme d'enseignement supérieur	17,5	21,7	102	
Mode de vie				<0,001
seul(e)	16,6	50,5	153	
en couple	82,5	46,3	375	
autre	0,9	3,2	9	
Distance parcourue à pied/semaine				<0,001
moins de 300 m	3,7	6,3	25	
entre 300 m et 1 km	9,8	13,2	59	
entre 1 et 3 km	22,4	28,4	132	
entre 3 et 5 km	19,6	27,9	121	
plus de 5 km	44,5	24,2	201	
Distance parcourue en voiture/semaine				<0,001
moins de 10 km	9,1	14,8	60	
entre 10 et 50 km	27,7	43,9	180	
entre 50 et 100 km	28,0	24,3	144	
plus de 100	35,1	16,9	155	
Fréquence d'utilisation de la voiture				0,01
1 fois/semaine ou moins	54,6	41,0	45	
2 ou 3 fois/semaine	38,0	48,9	225	
tous les jours	7,4	10,1	268	
Fréquence de conduite				0,03
plus qu'il y a quelques années	4,0	8,4	30	
autant	24,0	29,0	139	
moins	72,0	62,6	371	
Motifs de déplacements au moins 1 fois/semaine				
visite famille/amis	44,3	49,7	530	0,3
service famille/amis	30,1	26,6	527	0,4
activités de loisirs	43,4	35,1	527	0,06
courses, démarches administratives	76,9	79,4	535	0,5
Nécessité de la voiture				
Boulangerie	31,5	38,1	538	0,1
Épicerie	50,0	52,6	538	0,6
Boucherie	51,6	51,8	536	0,9
Pharmacie	44,1	43,2	537	0,8
Médecin	57,6	59,5	539	0,7

Tableau 1 : Caractéristiques socio-démographiques et de mobilité des 541 conducteurs.

Table 1: Socio-demographical and mobility characteristics of the 541 drivers.

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

majorité d'entre eux ont eu un jugement plutôt favorable sur les tests cognitifs, que ce soit en termes de faisabilité ou d'utilité clinique. La faisabilité des tests était satisfaisante pour 75 à 99% des MG, le taux variant selon le test jugé (Tableau 2). Le jugement était un peu plus nuancé sur la faisabilité du TMT-B avec un quart des MG qui l'ont jugé difficile. L'utilité clinique des tests paraît également satisfaisante pour un grand nombre de médecins (83 à 86% selon le test), la plus forte réserve apparaît sur le test de Up and Go avec 16% des MG qui le jugent peu utile au plan clinique. Enfin, 70,5% des MG seraient prêts à utiliser un tel protocole dans leur pratique courante, 26,1% ne le seraient pas, et 3,4% ne se prononcent pas. Sur les 23 médecins qui ne sont pas prêts à l'utiliser, 13 le jugent trop long, 3 trop compliqué à mettre en place, 1 pas assez discriminant, et 6 le jugent à la fois trop long et trop compliqué.

par les conducteurs âgés.

Dans la grande majorité (89,4%), les médecins ont déclaré que les patients avaient plutôt bien réagi aux tests proposés, et cela indépendamment de leurs performances. Seulement 1% des patients aurait plutôt mal réagi. Un an plus tard dans le questionnaire de suivi, il a été demandé directement aux personnes ce qu'elles avaient pensé des tests passés chez leur médecin : 80,7% ont déclaré qu'ils ne les avaient pas gênés, 17,9% qu'ils les avaient laissés indifférents, et 1,4% que les tests les avaient gênés.

Validité de la passation des tests

Les tests cognitifs ont été codés par les médecins, puis par une neuropsychologue expérimentée. Les deux codages ont été comparés dans le tableau 3. Il existe une bonne cohérence en termes de performances moyennes entre les deux codages, sauf pour le TMT-B, pour lequel la psychologue a trouvé, en moyenne, deux fois moins de persévérations que les MG ($p < 0,0001$). Les codages ont ensuite été comparés en taux de concordance, soit totale entre les deux codages, soit

avec plus ou moins un point de discordance. Finalement, si on considère concordants les tests qui présentent soit une concordance complète, soit un point de discordance, on obtient une bonne validité de la passation des tests par les médecins. Le nombre de bons déplacements au TMT-A présente la plus forte concordance (93,9%) et le nombre de bons déplacements au TMT-B la plus faible (79,9%).

Durée du protocole

Les médecins ont noté le temps consacré à la passation du questionnaire et des tests. Ce temps n'a pas été rempli pour 4,3% des patients et il a été considéré comme peu probable pour 7% d'entre eux car inférieur à 15 minutes. Le temps moyen de visite (passation du questionnaire et des tests) était de 27 minutes (SD = 8). Aucune différence significative de temps moyen de passation n'est à noter entre les deux modes de passation du questionnaire, papier ou électronique. Quarante-deux pour-cent des médecins avaient choisi une version électronique du questionnaire, sachant que les tests cognitifs restaient sous forme papier. Pour 90% des patients, la visite a duré entre 15 et 35 minutes. Pour les 10% restants, la visite a duré en moyenne 43 minutes (SD = 4).

Évaluation cognitive

Les performances cognitives moyennes des conducteurs sont présentées dans le tableau 4. Le TMT-A est presque toujours réussi avec en moyenne 23,8 bons déplacements sur un total de 24. Le temps moyen de passation du TMT-A est d'environ 1 minute avec en moyenne 2,7 secondes par déplacement. Plus complexe, le TMT-B est moins bien réussi avec en moyenne 18,9 bons déplacements sur un total de 24. Le temps moyen de passation est de 2 minutes et 20 secondes et le temps moyen par déplacement de 6,5 secondes, deux fois plus élevé que celui du TMT-A.

Dans ce tableau sont également présentées les deux stratégies pour juger de la performance des patients

	Faisabilité			Utilité clinique		
	Satisfaisante %	Difficile %	Non réalisable %	Satisfaisante %	Non satisfaisante %	Non réponse %
IADL	99	1	0	86	13	1
Up and Go	97	2	1	83	16	1
TMT-A	97	3	0	83	14	3
TMT-B	75	25	0	83	14	3
Codes de Wechsler	90	10	0	86	10	4

Tableau 2 : Faisabilité et utilité clinique des outils proposés.

Table 2: Feasibility and clinical utility of the proposed tools.

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

	Performances moyennes moyenne (écart-type)		p-value ^(*)	Concordance complète %	Concordance ± 1 point discordant %
	Codage MG	Codage Psy			
TMT-A					
Bons déplacements ^(*)	23,7 (2,5)	23,8 (1,2)	0,57	68,2	93,9
TMT-B					
Bons déplacements ^(*)	19,0 (6,9)	18,9 (6,9)	0,48	65,1	79,9
Persévérations	1,8 (4,0)	0,9 (2,0)	<0,0001	76,5	87,6
Codes de Wechsler					
Bons symboles	32,7 (15,9)	32,5 (15,9)	0,8	78,6	86,1
Mauvais symboles	0,7 (2,6)	0,7 (1,9)	0,8	83,9	93,2

^(*) sur un total de 24 déplacements

^(*) t-test

Tableau 3 : Comparaison des deux codages des tests cognitifs.

Table 3: Comparison of the coding of cognitive tests.

	m (SD)	Seuils SEROVIE ^(*) n (%)	Normes en population ^(**) n (%)
TMT-A, n=525			
Bons déplacements	23,8 (1,2)		36 (6,9)
Temps total (sec.)	65 (31)		60 (11,4)
Temps par déplacement (sec.)	2,7 (1,3)		
TMT-B, n=528			
Bons déplacements	18,9 (6,9)		46 (9,1)
Temps total (sec.)	140 (70)		69 (13,1)
Temps par déplacement (sec.)	6,5 (4,6)		
Persévérations	1,0 (2,0)		
Bons déplacements < 6 ou persévérations ≥ 5		57 (10,5)	
Codes de Wechsler, n=506			
Bons symboles	32,4 (15,9)		73 (14,4)
Mauvais symboles	0,7 (1,9)		
Bons signes < 25		156 (28,8)	

^(*) seuils des deux études de SEROVIE appliqués à la population des conducteurs MG-CogCAPA.

^(**) Normes du TMT-A, du TMT-B et du test des Codes appliquées à la population des conducteurs MG-CogCAPA selon l'âge, le genre et le niveau d'études.

Tableau 4 : Performances cognitives des conducteurs âgés.

Table 4: Cognitive performances of older drivers.

aux tests cognitifs. La variable combinée du TMT-B, moins de 6 bons déplacements ou au moins 5 persévérations, détecte 10,5% des conducteurs qui seraient à risque d'accident. La valeur seuil d'un score inférieur à 25 au test des Codes détecte 28,8% des conducteurs qui présenteraient une conduite dangereuse. Quant à l'application des normes en population, elles permettent d'identifier les conducteurs de l'étude qui ont un test bas au regard de celles-ci. Pour le TMT-A, 6,9% des conducteurs ont un test bas si on considère les bons déplacements et 11,4% si on prend en compte la vitesse de traitement. Pour le TMT-B, 9,1% des conducteurs ont un test bas pour le nombre de bons

déplacements et 13,1% pour la vitesse de traitement. Enfin, 14,4% de conducteurs ont un test bas aux Codes de Wechsler, toujours au regard des normes en population.

Parmi les 476 personnes qui ont passé les trois tests complètement, TMT-A, TMT-B et Codes, 65,1% n'ont aucun test bas, 23,1% ont un test bas (au moins une mesure de celui-ci), 9,0% ont deux tests bas (au moins une mesure à chacun des deux tests) et 2,7% ont les trois tests bas. Parmi les 57 conducteurs qui présentent une pathologie cérébrale ou un antécédent de traumatisme crânien ou d'accident vasculaire cérébral, 9% ont deux ou trois tests bas au regard des normes en population.

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

Le tableau 5 décrit les différents patterns de tests touchés selon que les personnes présentent un, deux ou trois tests bas. Lorsqu'un seul test est bas, c'est plus souvent le TMT-B (41,8%), et lorsque deux tests sont touchés c'est plus souvent l'association TMT-A et TMT-B (55,8%). Seulement 13 conducteurs dans cette étude présentaient trois ou quatre IADL touchés et 5 parmi eux avaient au moins un test cognitif bas. Même si les effectifs sont faibles, on note une augmentation de la proportion de personnes présentant une pathologie du SNC avec le nombre de tests bas.

Les effets du protocole

Les trois quarts des médecins participants ont retourné le questionnaire court environ deux ans après la fin de l'inclusion de leur premier patient. Parmi ceux-ci, 69,6% d'entre eux déclaraient que leur participation à l'étude les avait incités à faire plus de prévention du risque routier auprès des conducteurs âgés. Trente MG déclaraient avoir identifié des troubles cognitifs chez 50 patients. Ces troubles étaient connus du médecin pour 34 patients. Les MG ont conseillé aux patients présentant des troubles cognitifs de limiter leur usage de la voiture dans 89% des cas, d'éviter de conduire la nuit dans 71% des cas, de se diriger vers une consultation spécialisée dans 29% des cas et enfin, d'arrêter de conduire dans 11% des cas.

DISCUSSION

Difficultés de recrutement

Le taux de participation des médecins a finalement été de 3,3%, avec un recrutement de 92 MG dont 14% possédaient une capacité en Gériatrie. Ce faible taux souligne la difficulté à mobiliser les médecins généralistes dans ce type d'étude, même si beaucoup se déclaraient intéressés par le sujet. Selon une étude menée auprès de 80 médecins généralistes participant à l'enquête longitudinale D.E.S.I.R. (Données Épidémiolo-

giques sur le Syndrome d'Insulino Résistance), 1% d'entre eux déclaraient participer souvent à des études de laboratoires ou des enquêtes épidémiologiques et 16% occasionnellement²⁹. Ainsi même au sein d'un réseau de médecins impliqués dans un recueil de données épidémiologiques, le taux de participation déclaré est encore plus faible que celui de notre étude qui s'appuyait sur des médecins tirés au sort sur des listes professionnelles. Les auteurs de cet article soulignent par ailleurs la faible participation des médecins lorsque la sollicitation est par courrier, ils conseillent d'autres supports comme la presse professionnelle ou grand public, l'envoi de plaquettes, la communication téléphonique ou encore le réseau Internet. Il est aussi à noter que ce taux ne reflète pas totalement l'intérêt que les MG portent au sujet même de l'étude, puisque 266 MG avaient accepté de participer. Les 174 refus secondaires (médecins qui n'ont finalement inclus aucun patient) témoignent très certainement de leur manque de temps à consacrer à ce type d'activité.

Le taux d'acceptation du protocole par les patients, à plus de 83%, a été important. Selon les médecins, seulement un pour cent des patients aurait mal réagi aux tests proposés et plus de 80% ont déclaré ne pas avoir été gênés par la passation des tests.

Faisabilité du protocole

L'étude antérieure "Conduite et Âge" avait montré qu'un tel protocole était réalisable en médecine générale auprès de médecins motivés ou sensibilisés par la question. Chez des médecins tirés au sort sur des listes professionnelles de France Telecom, le protocole proposé présente également une bonne faisabilité avec 70% de médecins prêts à l'utiliser dans leur pratique courante. Les médecins portent également une appréciation positive sur les outils utilisés, avec un taux, selon les outils, allant de 90 à 99% lorsque leur faisabilité était jugée, et de 83 à 86% lorsque leur utilité clinique était appréciée. Seul le Trafikmng B est jugé difficile par

	TMT-A	TMT-B	Codes	n (%)	3 ou 4 IADL touchés n	Pathologie du SNC n
Trois tests bas, n=13				11 (100)	1	3
				24 (55,8)	2	5
Deux tests bas, n=43				6 (14,0)		
				13 (30,2)		
				33 (30,0)	2	9
Un test bas, n=110				46 (41,8)		
				31 (28,2)		

Tableau 5 : Performances cognitives basses, autonomie dans la vie quotidienne et présence d'une pathologie du SNC.

Table 5: Low cognitive performance, functional autonomy in daily life and presence of one CNS pathology.

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

25% des médecins. Dans la passation habituelle de ce test, les erreurs sont corrigées au fur et à mesure et le temps total reflète en grande partie le nombre d'erreurs qui ont dû être corrigées. Des modalités différentes de passation de ce test ont été élaborées lors d'une étude sur les déficits de patients présentant une démence de type Alzheimer afin de mieux identifier la nature des erreurs commises par les patients²⁵. Le fait de laisser le patient effectuer des erreurs sans les corriger rend la passation et le codage de cette épreuve plus difficile mais dans le contexte d'une évaluation des composantes cognitives associées à l'aptitude à la conduite, cela permet de faire émerger des erreurs de persévérance, qui sont cliniquement intéressantes car elles révèlent une difficulté d'inhibition des automatismes des séries de chiffres ou de lettres, caractérisant un déficit de flexibilité mentale. Discuter avec les patients de ce type d'erreurs peut permettre aux médecins de les aider à prendre conscience que dans une situation routière qui changerait brusquement et nécessiterait une réponse nouvelle, ils pourraient être prisonniers de leurs routines de conduite et ne pas pouvoir s'adapter assez rapidement à ce changement de la situation.

La durée du protocole est un élément essentiel de sa faisabilité. Le temps moyen de visite (passation du questionnaire et des tests) est estimé à 27 minutes. Ce temps comprend le remplissage de l'ensemble des documents de l'étude MG-CogCAPA dont un des objectifs était d'étudier la faisabilité de ce protocole avec des fiches spécifiques pour cela. Il comprend en outre la réalisation du test de Up and Go qui était dans le protocole uniquement à visée de recherche. Un protocole clinique recentré, comprenant le questionnaire de mobilité, le Trail making test A et B, le test des codes et l'échelle des 4-IADL prendrait environ 20 minutes.

Validité de la passation

Concernant la validité de la passation des tests par les médecins généralistes, elle est satisfaisante dans les différents tests. La concordance de codage des tests entre les médecins et une psychologue expérimentée est bonne (entre 80 et 94%). Il est donc raisonnable de s'appuyer sur les médecins généralistes pour évaluer des déficits cognitifs pouvant perturber la conduite automobile.

L'évaluation cognitive et ses effets

L'application des seuils obtenus dans nos travaux antérieurs conduirait à détecter 10,5% de personnes qui seraient à risque d'accident et 28,8% qui présenteraient une conduite dangereuse. Ils détectaient dans les deux études SEROVIE, respectivement 1,8% de conducteurs à risque d'accident et 22,4% de personnes présentant une conduite dangereuse. Ces seuils sont donc très

dépendants de la population dans lesquelles ils sont mis en évidence. Les populations étaient plus jeunes et plus diplômées dans les deux volets, épidémiologique et expérimental, de l'étude SEROVIE par rapport à l'étude MG-CogCAPA. Les âges moyens étaient respectivement de 72,8 ans (SD = 4,5), 71,7 ans (SD = 5,9) et 77,0 ans (SD = 5,3) dans Mg-CogCAPA et les proportions de diplômés Bac et plus étaient de 23,5%, 27,6%, 11,6%.

Il paraît plus raisonnable de s'appuyer sur des normes en population pour identifier des personnes qui, compte tenu de leur âge, leur genre, et leur niveau d'études, présentent des performances basses. Le fait d'être dans les 10% les plus bas d'une distribution est généralement interprété comme un déficit associé à un risque de vieillissement pathologique. Les performances attentionnelles et exécutives basses et les faibles vitesses de traitement détectées ainsi sont susceptibles de poser un problème dans l'activité de conduite.

Ces outils ne doivent toutefois pas être utilisés de façon automatique pour indiquer la nécessité d'arrêt de la conduite chez les patients considérés. Ils doivent permettre aux médecins de repérer des patients présentant des performances cognitives basses, de les conseiller utilement dans une régulation de leurs habitudes de conduite adaptée à leurs performances, et de les accompagner si besoin dans l'arrêt de la conduite.

Place de la voiture dans l'autonomie

Chez les hommes et chez les femmes, cette étude confirme la place prépondérante de la voiture dans leur vie au quotidien et dans leur vie sociale. Elle est aussi indispensable pour un grand nombre de patients pour accéder à des commerces de base ou des services tels que la pharmacie ou le médecin. L'utilisation de la voiture est donc cruciale pour assurer leur autonomie dans la vie quotidienne. Des études montrent que l'arrêt de la conduite peut avoir des conséquences en terme de santé puisqu'elle peut entraîner une dépression²⁶. L'arrêt de la conduite pourrait aussi être associé à un risque de vieillissement pathologique si elle a pour conséquence une réduction des activités sociales et de loisirs qui participent à la prévention du vieillissement cérébral^{26,27}. Le maintien de l'activité de conduite automobile chez les personnes âgées est donc un enjeu personnel et social.

CONCLUSION

Au final, ces résultats montrent la faisabilité par les médecins et l'acceptation par les patients d'un protocole permettant de détecter des déficits cognitifs

Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

pouvant perturber la conduite automobile chez les conducteurs âgés. Une version simplifiée de ce protocole sera mise à la disposition des médecins pour fournir des outils sur lesquels ils peuvent s'appuyer pour

discuter avec leurs patients afin de trouver un équilibre entre préservation de la qualité de vie de la personne et sa sécurité et celle des autres usagers de la route. ■

Conflits d'intérêt : Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt concernant cet article.

Remerciements :

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et le Programme de Recherche et D'Innovation dans les Transports terrestres (PREDIT) pour le financement de ce travail dans le cadre de l'appel à projet TSFA de 2007. Les auteurs remercient le laboratoire IPSEN pour le soutien logistique apporté à l'étude pilote "Conduite et Age" ainsi que son comité scientifique composé de : Pr J.F. Dartigues et C. Fabrigoule (Bordeaux), Pr R. Gonthier (Saint-Étienne), Pr C. Jeandel (Montpellier), S. Lafont (Bron), Dr T. Sédaghat (Perpignan), Dr X. Zanlonghi (Nantes). Les auteurs remercient également F. Lindacker pour la codification des tests cognitifs dans l'étude MG-CogCAPA.

RÉFÉRENCES

- Lafont S, (sous la direction de B Laumon et C Fabrigoule). Sécurité routière et conducteurs âgés : estimation des enjeux et contribution des facteurs cognitifs et de la dépression. Approches épidémiologique, expérimentale et clinique. Thèse de doctorat - Spécialité Épidémiologie et Santé Publique - de l'Université Claude Bernard Lyon 1, 2008.
- Lafont S, Gobaude C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres : étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2005. *Le Travail Humain*. 2010 ; 73:75-92.
- Lafont S, Laumon B. Vieillesse et gravité des atteintes ischémiques des victimes d'accident de la circulation routière (abridged version in english). *Recherche Transports Sécurité*. 2003 ; 79:121-133.
- Jacquin-Gadde H, Fabrigoule C, Commenges D, Dartigues JF. A 5-year longitudinal study of the neuro-mental state examination in normal aging. *Am J of Epidemiol*. 1997 ; 145:499-506.
- Amieva H, Lafont S, Auriaucombe S, Rainville C, Orgogozo JM, Dartigues JF, et al. Analysis of error types in the trail making test: evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol*. 1998 ; 20:280-286.
- Rainville C, Amieva H, Lafont S, Dartigues JF, Orgogozo JM, Fabrigoule C. Executive function deficits in patients with dementia of the Alzheimer type: a study with a Tower of London task. *Arch Clin Neuropsychol*. 2002 ; 17:513-530.
- Mokar LJ, Eby DW. The relationship between self-regulation and driving-related abilities in older drivers: an exploratory study. *Traffic Inj Prev*. 2008 ; 9:314-319.
- Dobbs BM, Dobbs AR. *Older but Wiser. Recovery*. 1999 ; 10(3).
- OECD. Ageing and Transport. Mobility needs and safety issues. OECD Publications, France, 2001.
- Fabrigoule C, Lafont S. MG-CogCAPA. Troubles cognitifs des conducteurs âgés : les médecins généralistes au cœur du système de détection. *Profil Info N°20. Dossier spécial Sécurité Routière*. 2010:10-11.
- Lafont S, Laumon B. SEROMIE - Sécurité Routière et Vieillesse : premiers résultats d'une étude interdisciplinaire. 25^e Congrès de l'Association des Épidémiologistes de Langue Française 18-20 septembre 2002, Toulouse. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2002 ; 50 (sup N°4):C13-5:1583-1584.
- Lafont S, Laumon B, Hélier C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Driving cessation and self reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*. 2008 ; 21:171-182.
- Lafont S, Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, Thomas-Antérion C, Laurent B, Fabrigoule C. The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best indicator of the risk of impaired driving in Alzheimer disease and normal aging. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2010 ; 29:154-163.
- Reitan R. Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills*. 1965 ; 8:271-276.
- Wechsler D. *WAIS-R manual*. Cleveland: Psychological Corporation, 1981.
- Lawton M, Brody E. Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist*. 1969 ; 9:179-186.
- Barberger-Gateau P, Commenges D, Gagnon M, Letenneur L, Savel C, Dartigues JF. Instrumental activities of daily living as a screening tool for cognitive impairment and dementia in elderly community dwellers. *J Am Geriatr Soc*. 1992 ; 40:1129-1134.
- Barberger-Gateau P, Dartigues JF, Letenneur L. Four Instrumental Activities of Daily Living Score as a predictor of one-year incident dementia. *Age Ageing*. 1993 ; 22:457-463.
- Barberger-Gateau P, Fabrigoule C, Hélier C, Rouch I, Dartigues JF. Functional impairment in instrumental activities of daily living: an early clinical sign of dementia? *J Am Geriatr Soc*. 1999 ; 47:466-462.
- Tinetti ME, Ginter SF. Identifying mobility dysfunction in elderly patients. Standard neuromuscular examination or direct assessment? *JAMA*. 1988 ; 259:1190-1193.
- Verghese J, Buschke H, Viola L, Katz M, Hall C, Kuslansky G, et al. Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: a preliminary study. *J Am Geriatr Soc*. 2002 ; 50:1572-1576.
- Amieva H, Le Goff M, Stojkova R, Lafont S, Ritchie K, Tzourio C, et al. Trail Making Test A et B (version sans correction des erreurs) : normes en population chez des sujets âgés, issues de l'étude des trois Cités. *Revue de Neuropsychologie*. 2009 ; 1:210-220.
- Lechevallier-Michel N, Fabrigoule C, Lafont S, Letenneur L, Dartigues JF. Normes pour le MMSE, le Test de Filtration Visuelle de Benton, le Set Test d'essai (15+ et 60+), le sous-test des Codes de la WAIS et le Test de Barnage de Zazzo, en fonction de l'âge, du sexe et du niveau d'études, chez des sujets âgés de 70 ans et plus - données de la cohorte PAQUID. *Revue neurologique*. 2004 ; 160:1059-1070.
- Cogneau J, Warck R, Tichet J, Royer B, Cailliau M, Balkau B, et al. Enquête de motivation sur la participation des médecins à une activité en santé publique. *Santé Publique*. 2002 ; 14:191-199.
- Ragland DR, Satariano WA, MacLeod KE. Driving cessation and increased depressive symptoms. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006 ; 60:399-403.
- Fabrigoule C, Letenneur L, Dartigues JF, Zarroek M, Commenges D, Barberger-Gateau P. Social and leisure activities and risk of dementia: a prospective longitudinal study. *J Am Geriatr Soc*. 1995 ; 43:485-490.
- Alkharaly TN, Portet F, Fustino S, Dartigues JF, Artero S, Rouaud O, et al. Leisure activities and the risk of dementia in the elderly: results from the Three-City Study. *Neurology*. 2009 ; 73:854-861.

[A51]

Douleur anal. (2013) 26:S3-S11
 DOI 10.1007/s11724-013-0357-5

ARTICLE DE SYNTHÈSE / REVIEW ARTICLE

Prédire le risque de la conduite automobile chez le sujet âgé déficitaire : est-ce possible ?

Predicting the risk of driving for impaired elderly patients: is it possible?

S. Lafont · S. Basaglia-Pappas · B. Laurent

© Springer-Verlag France 2013

Résumé Les fonctions cognitives et perceptives sont déterminantes dans la conduite automobile. Les sujets âgés sont à risque plus élevé d'accidentologie, particulièrement en cas de démence débutante où le risque est multiplié par 2 à 5 selon les études. Les travaux neuropsychologiques sur l'aptitude à conduire de ces populations ont sous-estimé l'expertise des fonctions exécutives. Cette revue des travaux de l'Inrets analyse les possibilités d'expertise de ces fonctions en comparant la conduite en situation réelle, ou avec le simulateur de conduite, avec les résultats des tests classiques de la psychométrie de laboratoire.

Mots clés Conduite automobile · Sujets âgés à risque · Fonctions cognitives · Simulateur de conduite

Abstract Cognitive functions, as well as perceptual functions, are fundamental to driving. Older drivers are known to be at higher risk than all other age groups for motor vehicle accidents and in early dementia crash risk are two to five times than that of unimpaired older drivers. Moreover, neuropsychological studies on fitness of older drivers and/or impaired drivers to drive have for the most part neglected or limited the assessment of executive functioning. This review analyzes the different testing of executive functions implicated in driving from ecological classical psychometric tests to driving simulator. The managing of high risk conditions as left intersection decision or the performance on the Wechsler digit symbol procedure is proposed as screening those who necessitate a more profound driving assessment.

S. Lafont
 Unité mixte de recherche épidémiologique transport travail environnement, IFSTTAR/UCBL, Bron (69), France

S. Basaglia-Pappas
 CMRR de Saint-Étienne (42), France

B. Laurent (✉)
 CMRR et unité de neuropsychologie, CHU Bellevue, Saint-Étienne (42), France
 e-mail : bernard.laurent@cbu-st-etienne.fr

Keywords Driving analysis · Aged people with driving risk · Cognitive functions · Driving simulator

Introduction

Le vieillissement régulier de la population occidentale entraîne une augmentation importante du nombre de conducteurs âgés : Brutel et Omalek [8] notent qu'en France, d'ici à 2050, l'effectif des 60–70 ans sera doublé, celui des 75–85 ans triplé. Par ailleurs, le risque de pathologies cognitives augmente régulièrement avec l'âge, et la pathologie dégénérative la plus fréquente est la maladie d'Alzheimer (MA), qui atteint 18 % des personnes de plus de 75 ans et près de 30 % des femmes de plus de 90 ans. Le diagnostic intervient désormais plus tôt au moment de la plainte mnésique, parfois avant les premières pertes fonctionnelles, et la biologie précède les données cliniques puisque les modifications du dépôt d'amyloïde en imagerie cérébrale ou les premières modifications du taux des composés amyloïdes et tau dans le LCR précèdent de plusieurs années le déclin intellectuel et la dépendance. Les déficits cognitifs de la MA sont habituellement mnésiques, mais s'accompagnent très souvent de déficits attentionnels et exécutifs que le patient ne perçoit pas aussitôt [3,4]. Il est vraisemblable que dans la conduite automobile ce sont ces déficits qui sont le plus à risque, car le trouble de mémoire épisodique des faits récents ne perturbe pas les capacités procédurales de la conduite ni le stock sémantique du savoir culturel nécessaire à la compréhension des panneaux. Le modèle cognitif de Brouwer [7] tient compte des capacités nécessaires à la conduite (Fig. 1) en décrivant l'alternance de séquences comportementales stéréotypées (automatiques, procédurales, implicites), d'attention partagée, d'épisodes de vérification consciente (processus contrôlés), d'accès au stock sémantique et autobiographique, de recrutement massif de ressources attentionnelles, d'interaction complexe avec les autres conducteurs...

Une des questions importantes est donc de comprendre le rôle des perturbations des fonctions cognitives dans le

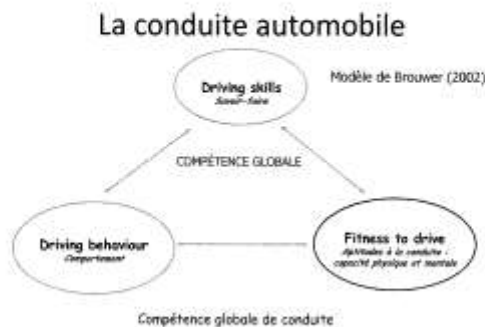


Fig. 1 Le modèle cognitif de Brouwer

processus de conduite soit pour des pathologies touchant plusieurs secteurs comme la MA, soit pour certaines pathologies qui affectent électivement un secteur cognitif : on peut prendre l'exemple des modifications de mémoire procédurale dans la maladie de Parkinson et la chorée de Huntington, ou l'atteinte du stock sémantique avec préservation de la mémoire épisodique dans la démence sémantique, voire l'atteinte exécutive avec conservation de la mémoire lors des démences frontotemporales débutantes... La confrontation des tests aux performances de conduite a donc plusieurs intérêts : définir une stratégie de repérage sans imposer à tous un nouvel examen de conduite en situation, mieux comprendre les fonctions cognitives nécessaires à une conduite en sécurité, différencier les pathologies à risque, car il est clair que le niveau et le type de pathologie dégénérative ne suffisent pas pour interdire une activité essentielle à l'autonomie du sujet âgé.

Accidentologie dans des populations de patients déficitaires sur le plan cognitif

L'accidentologie des conducteurs âgés est souvent mal interprétée : le taux d'accidents est moindre que chez les jeunes, exprimé en nombre d'accidents/conducteur, mais supérieur si on l'exprime en fonction des kilomètres parcourus [27]. De nombreuses recherches ont été menées afin de définir dans quelle mesure la conduite pourrait devenir non sécuritaire, voire dangereuse, chez les patients atteints de démence [9,19]. Les résultats ne sont pas tous convergents sur l'augmentation du risque, probablement parce que beaucoup de patients MA cessent spontanément ou sur incitation des proches de conduire. Une étude effectuée en Finlande et en Suède [16] a étudié les cerveaux et recherché la présence de l'allèle 4 de l'apolipoprotéine E chez des conducteurs âgés décédés dans un accident de voiture ; le diagnostic de MA était possible pour 20 % d'entre eux et certain pour

33 %, donc les auteurs concluent que 47 à 53 % des conducteurs âgés décédés dans ces accidents de la circulation étaient en stade débutant de MA et l'ignoraient. Si dans les stades avancés de la maladie l'arrêt de la conduite se fait généralement de manière naturelle, les conducteurs en phase précoce ne réduisent pas la conduite automobile, car ils sous-estiment leurs déficits [11]. Les études sur les conducteurs déments sont relativement nombreuses, mais ne précisent que rarement le stade d'évolution de la maladie, et la question demeure de savoir dans quelle mesure les déficits cognitifs observés, et plus particulièrement les déficits attentionnels et exécutifs, entraînent une diminution de la capacité de conduite [22]. Dans l'étude de Cooper et al. [10], sur 165 sujets MA parmi 249 présentant une plainte mnésique, tous continuent de conduire deux ans après le diagnostic ; ils ont deux fois plus d'accidents que des témoins appariés, et 80 % continuent de conduire après un accident ; enfin, un tiers est impliqué dans un nouvel accident. Les patients testés avec un Mild Cognitive Impairment (MCI), c'est-à-dire un déficit cognitif mnésique, sont plus difficiles à analyser, car on sait qu'une partie seulement avec un déficit électif de la mémoire épisodique correspond à un stade pré-Alzheimer.

On voit que le sujet qui nous intéresse s'élargit à la conduite automobile des déficits cognitifs au-delà de la démence, et pragmatiquement il est plus simple d'étudier le retentissement des grandes fonctions en gardant à l'esprit que la conduite les sollicite souvent ensemble : langage, mémoire dans ses différentes composantes (épisodique, sémantique, procédurale, de travail) et fonctions exécutives... La fréquence de la MA est telle que nous réduirons notre propos à ce cadre de la MA débutante, stade habituel des consultations de mémoire lorsque la maladie débute par une atteinte hippocampique affectant de façon très privilégiée la mémoire épisodique. Bien d'autres entrées dans les maladies dégénératives sont possibles, et l'on constate que des déficits parfois massifs de certaines fonctions comme le langage sont compatibles avec la conduite : des patients avec une aphasia dégénérative d'expression, incapables de communication, continuent de conduire sans accident... Les sujets parkinsoniens avec une mémoire procédurale affectée et un temps de réaction allongé sont-ils plus dangereux qu'un patient MA débutant avec une atteinte de la mémoire épisodique ? [25] ; peut-on conduire avec une démence sémantique qui altère la compréhension du langage et des panneaux sans toucher la mémoire épisodique ? Une démence frontotemporale purement comportementale avec des tests psychométriques subnormaux est-elle plus à risque qu'une aphasia dégénérative évoluée ? Toutes ces questions méritent études pour dépasser la simple intuition médicale et déboucher sur des expertises qui déclenchent le contrôle de conduite pour tous les patients à risque d'accident.

Maladie d'Alzheimer et dangerosité dans la conduite ; corrélations avec les tests psychométriques

Les études prouvant la dangerosité de conduite sont nombreuses (par exemple [9,11,27]), et les questions sont plus qualitatives que simplement épidémiologiques : quelles sont les caractéristiques de cette conduite, les situations à risque, quelles sont les corrélations avec les tests et existe-t-il un test simple de screening ? Les conducteurs MA conduisent plus lentement, se restreignent la nuit ou pour des itinéraires nouveaux donc diminuant de ce fait le risque accidentel, mais ils font plus d'erreurs en particulier dans des situations complexes comme les intersections [26]. Si l'on aborde la question en référence à la neuropsychologie, on peut mettre en exergue le ralentissement des performances comme une constante de tous les processus de la MA ; le second facteur est le déficit des fonctions d'inhibition, élément clé du désordre frontal dysexécutif des MA apparaissant tôt dans le processus pathologique qui dure plus de dix ans avant la perte d'autonomie [2,23]. Plusieurs auteurs ont analysé les relations entre psychométrie et performances de conduite chez les sujets âgés et les MA (Tableau 1) : les tests globaux de cognition (*Wechsler Adult Intelligence Scale* [WAIS], vitesse...), les tests de mémoire, les tests visuo-perceptifs, d'attention visuelle ou sélective, et les tests exécutifs, en particulier d'inhibition et de flexibilité, sont les plus souvent cités [18]. Ce n'est pas forcément la gravité de la démence exprimée par un test habituel comme le CDR (Clinical Dementia Rating) qui est informative en comparaison d'une étude plus qualitative de la cognition. Dans une première étude (SEROVIE) [19], nous avons comparé trois populations de conducteurs actifs (plus de 2 000 km/an) : 20 sujets débutant une MA au stade léger (CDR : 1, MMS entre 20 et 26), 20 sujets MCI à risque de démence (15 % de conversion/an en moyenne) et 40 sujets témoins appariés en âge (65 à 85 ans) et en niveaux culturels. Une évaluation cognitive complète des fonctions attentionnelles et des processus exécutifs d'inhibition est comparée aux performances de conduite sur une voiture équipée de multiples caméras et enregistreurs avec notation d'un moniteur de conduite qui remplit une grille au cours du test sur un parcours prédéterminé : les patients MA sont significativement inférieurs sur tous les tests (mémoire visuelle de Benton, fluences d'Isaac, barrage de Zazzo, code de la WAIS, échelles d'autonomie quotidienne (*Instrumental Activities of Daily Living* [IADL]), questionnaire de plaintes cognitives et batterie informatisée des processus d'inhibition et d'attention partagée [2]) ; ils décrivent plus de difficultés à conduire en ville et de nuit, et la moitié ont interrompu la conduite nocturne ; mais 13 des 20 MA se cotent à 16/20 en fiabilité alors que les normaux ne se cotent qu'à 11/20... Cette forme d'anosognosie est le plus grand obstacle à l'autoévaluation

et à la décision individuelle d'arrêt. Dans toutes les activités de conduite (exploration des panneaux, planification sur un choix imposé de direction, respect des stops et de la signalisation, interventions du moniteur...), les MA ont des scores nettement inférieurs alors que les patients MCI ne se différencient pas des témoins, ce qui confirme que le déficit isolé de mémoire épisodique n'a pas d'influence notable sur la conduite (Tableau 2). Les corrélations des tests avec le score global de conduite se font avec des tests simples comme le temps de réaction, les performances aux doubles tâches. Une donnée intéressante est l'analyse des stratégies d'exploration visuelle enregistrées par une caméra frontale : les patients ont deux fois moins d'explorations latérales que les témoins (2 % du temps de conduite versus 4,5 % chez les témoins pour l'exploration visuelle à gauche ; 4 versus 6 % pour la droite et 0,58 % du temps de conduite versus 1,3 % pour le rétroviseur) ; ainsi, les patients passent 90 % de leur temps à regarder droit devant eux pour 86 % du temps chez les témoins, et souvent regardent ailleurs (0,4 versus 0,08 % chez les témoins).

Fonctions exécutives et simulateur de conduite

Miyake et al. [20] considèrent que le contrôle exécutif est un système partagé en trois composantes indépendantes : l'inhibition (réponses dominantes, automatiques ou non pertinentes d'une situation), la mise à jour (gestion des informations stockées en mémoire de travail) et le shift attentionnel (gestion des activités cognitives simultanées), ces trois composantes étant indépendantes, mais fonctionnellement reliées. Diverses études ont montré qu'elles étaient atteintes chez des patients aux stades précoce ou modéré de démence MA, notamment pour l'inhibition [2,28], pour le shift attentionnel [6] et pour les déficits spécifiques de la mise à jour des informations.

Nous avons conduit une étude sur 30 patients présentant une MA au stade débutant comparés à 30 témoins appariés en âge et niveau culturel pour savoir dans quelle mesure les fonctions exécutives sont altérées et quelles sont les conséquences de leur dysfonctionnement sur la compétence de conduite automobile. Pour cela, nous avons couplé une évaluation neuropsychologique détaillée des fonctions exécutives à une approche expérimentale sur un simulateur de conduite qui permet d'assurer un contrôle et une reproductibilité des situations expérimentales. Il a été utilisé sur des populations jeunes [17] et s'avère être particulièrement intéressant pour tester la compétence de conduite, mais il peut aussi être utilisé chez des conducteurs âgés [15], et aussi chez des patients MA [26]. Les résultats obtenus peuvent donner une prédiction des performances en situation réelle. Les patients MA comparés à des sujets de mêmes âges et niveau culturel étaient au stade précoce de la maladie avec

Tableau 1 Revue des explorations cognitives en comparaison des accidents ou des tests de conduite chez les sujets âgés ou atteints de maladie d'Alzheimer.

Référence	Population testée	Tests utilisés	Prise en compte des accidents	Test de conduite
Hunt et al. (1993)	Conducteurs âgés (13) Conducteurs Alzheimer stade très précoce (12) Stade précoce (13)	Test d'évaluation de l'aphasie (fluence verbale), Short-Blessed Test, sub-test de l'échelle de Wechsler (mémoire, code), test de Benton, Trail Making test part A, tests de perception, test de reconnaissance de panneaux routiers	Non	Oui (route ouverte)
Fitten et al. (1995)	Conducteurs âgés (24) Conducteurs Alzheimer (13) Démence vasculaire (12) Diabétiques (15) Conducteurs jeunes (16)	MMSE, test de l'horloge, test de Stenberg, tests d'attention partagée et attention soutenue	Rétrospective	Oui (route ouverte)
Cushman (1996)	Conducteurs âgés (91) Conducteurs Alzheimer (32)	Trail Making test part B, UFOV, tâche de partage d'attention et d'attention soutenue	Non	Oui (route ouverte)
Dobbs (1997)	Conducteurs âgés avec troubles cognitifs, dont Alzheimer (176) Conducteurs jeunes (33)	Ensemble de tests (Drive Able Testing) : tâche d'attention sélective, jugement d'acceptation d'un écart, UFOV, test de mémoire de travail spatiale, temps de réaction simple et de choix, différents scénarios de conduite présentés sur vidéo	Non	Oui (route fermée et ouverte)
Fox et al. (1997)	Conducteurs Alzheimer (19)	MMSE, sub-tests de l'échelle de Wechsler (complément d'image, code, assemblage d'objets), test de Benton, un ensemble de tests concernant la vision et l'attention, Trail Making Tests A et B	Non	Oui (route ouverte)
Lundberg et al. (1998)	Conducteurs de plus de 65 ans dont le permis a été suspendu (37) Sujets contrôles dont le permis n'a pas été suspendu (31)	Sub-tests de l'échelle de Wechsler (similitudes, code assemblage d'objets), figures complexes de Rey, test d'apprentissage verbal de Rey, une tâche de rappel de mots d'une liste, Trail Making Tests A et B, et une série de mesures de temps de réaction (simple, de choix)	Rétrospective	Non
Janke & Eberhard (1998)	Conducteurs âgés adressés à une agence d'évaluation (75) Conducteurs âgés volontaires (31)	Trail Making Test part A modifié (Auto-Trials), test de Pelli-Robson, test de connaissance sur la conduite et de reconnaissance des panneaux routiers et un test de reconnaissance d'indices, UFOV	Non	Oui (route ouverte)
Ball et al. (1998)	257 conducteurs âgés de plus de 55 ans Sans accident Avec un à trois accidents en tant que responsable Avec quatre accidents ou plus en tant que responsable	Mattis organic mental status syndrome examination, UFOV	Rétrospective	Non
McKnight & McKnight (1999)	Conducteurs âgés de plus de 65 ans Sans accident (154) Avec accidents en tant que responsable (253)	Ensemble de tests informatisés sur les aspects attentionnels, perceptifs, cognitifs et psychomoteurs	Rétrospective	Oui (route ouverte)

(Suite page suivante)

Tableau 1 (suite)

Référence	Population testée	Tests utilisés	Prise en compte des accidents	Test de conduite
De Raedt & Ponjaert-Kristoffersen (2000)	Conducteurs âgés de plus de 65 ans adressés à une agence d'évaluation (84)	MMSE, test de l'Horloge, Trail Making Test part A	Prédictive	Oui (route ouverte)
Collimard et al. (2000)	Conducteurs âgés sans accident (83) Avec deux accidents en tant que responsable sur deux ans (35)	MMS, Rivermead behavioral memory test, test de Stroop, tests de fonctions instrumentales, d'orientation de lignes, de repérage d'objets, d'évaluation des praxies idéomotrices	Rétrospective	Oui (route ouverte)
Daigneault et al. (2002)	Conducteurs âgés sans accident (90) Avec trois accidents en tant que responsable sur cinq ans (90)	Color Trail Tests (similaires au Trail Making Test), test de Stroop, Tour de Londres, Wisconsin card scoring test	Rétrospective	Non

Tableau 2 Résultats de l'étude SEROVIE. DTA : démence de type Alzheimer ; MCI = *mild cognitive impairment* (trouble de mémoire objectif) (-1,5 DS) et plainte cognitive sans démence c'est-à-dire sans perte d'autonomie sur les échelles d'autonomie. La comparaison p est entre normaux et DTA pour chaque épreuve, il n'y a pas de p significatif entre normaux et MCI. DTA $n = 20$; Témoins $n = 20$; $p < \text{MCI}$ $n = 18$.

	DTA $n = 20$	Témoins $n = 20$	$p <$	MCI $n = 18$
Exploration : erreurs m (ET) min-max	7,3 (4,3) 1-16	4,2 (2,7) 1-12	0,01	4,8 (3,3) 0-10
Planification : m (ET) min-max	11,3 (8,5) 0-35	5,7 (4,0) 0-16	0,02	2,8 (1,9) 0-6
Signalisation 1 (feux, stop) : m (ET) min-max	2,6 (1,8) 0-6	1,1 (0,9) 0-3	0,003	1,4 (1,3) 0-4
Signalisation 2 (C, P droite) : m (ET) min-max	2,5 (1,6) 0-5	1,9 (1,3) 0-5	0,3	2,4 (1,7) 0-6
Interventions moniteur : m (ET) min-max	4,9 (5,4) 0-16	1,1 (3,5) 0-16	0,02	0,9 (0,9) 0-3
Score global : m (ET) min-max	26,0 (13,1) 8-63	13,6 (6,4) 3-32	0,0007	12,1 (7,3) 2-26

plus de 2 000 km/an. Tous les tests (*Mental State Evaluation* [MMSE] de Folstein ; rétention visuelle de Benton ; le Set Test d'Isaac des fluences catégorielles ; le barrage de Zazzo, les subtests code et arrangement d'images de la WAIS-R [Wechsler, 1958], le Stroop ainsi que le *Wisconsin Card Sorting Test*, version modifiée de Nelson [1976] pour les personnes âgées [MCST]) différençaient les malades des témoins : ils présentaient à des degrés divers des déficits du fonctionnement exécutif dans les trois composantes décrites par Miyake et al. [20], c'est-à-dire les fonctions d'inhibition, de shift mental et également de mise à jour des informations. Cette expertise est beaucoup plus fiable que le MMS qui était très proche pour tous les patients (26 [ET : 2,9]), alors que les tests exécutifs étaient très dispersés [12]. Le simulateur de conduite de l'Inrets est un simulateur à base fixe, c'est-à-dire une cabine de véhicule normal avec le même jeu de pédales (embrayage, frein, accélérateur). La scène visuelle défile sur un grand écran situé devant le véhicule, grâce à un vidéoprojecteur. La scène

arrière est obtenue grâce à une projection d'images visibles à partir des rétroviseurs. Les bruits internes et externes au véhicule sont reproduits par différents haut-parleurs. Une première étude sur les déficits attentionnels observés en situation réelle de conduite [13] a montré, grâce à une analyse des stratégies visuelles, que des patients en situation de conduite ont une prise d'information dégradée de la scène routière. L'environnement du simulateur étant tout à fait nouveau, une étape de prise en main du véhicule et de familiarisation avec l'environnement virtuel est nécessaire, permettant d'exclure les sujets avec le mal du simulateur. Après cet entraînement, la consigne consistait à conduire le simulateur avec pour tâche d'indiquer oralement la présence d'un panneau (« interdiction de dépasser ») présent parmi d'autres panneaux distracteurs. Chaque fois que le sujet rencontrait ce panneau sur le côté droit de la route, il devait le signaler à voix haute et éventuellement le montrer (l'expérimentation était entièrement filmée). Les participants devaient ignorer ce panneau s'il se trouvait du côté gauche et

ignorer les autres panneaux présents sur les côtés droit et gauche. Certains panneaux étaient présentés seuls (saillance forte), d'autres étaient présentés parmi trois panneaux verticaux (saillance faible). Pour manipuler le degré d'automatisme de la conduite, le conducteur devait régulièrement passer d'un mode de conduite dit « automatique » à un mode dit plutôt « contrôlé ». Pour ce faire, le sujet circulait tantôt sur la voie habituelle, c'est-à-dire à droite, tantôt sur la voie de gauche, sur le modèle anglais, avec des véhicules en sens inverse du côté droit, ce qui devait l'obliger à passer à un mode de conduite non automatisé. L'indication du changement de voie de circulation se faisait grâce à des panneaux indicateurs de « *changement de voie* ». Le paramètre de vitesse du véhicule a également été enregistré à partir des données du simulateur. Les sujets conduisaient significativement plus lentement sur le côté gauche que sur le côté habituel, à droite, alors qu'aucune indication spécifique de réduction de vitesse n'était demandée. Le changement de côté a donc réellement entraîné une difficulté supplémentaire dans la gestion de l'activité de conduite. Pour la détection de panneaux, tâche très simple pour le groupe des témoins et sans erreur quelles que soient les conditions, les scores des patients sont beaucoup plus hétérogènes. Ils sont significativement différents entre les cibles faciles (saillance forte) et les cibles difficiles (saillance faible). Les patients MA présentent donc des déficits d'inhibition d'informations non pertinentes. Par ailleurs, la conduite à gauche les a notablement perturbés pour la détection des cibles ($p < 0,05$), alors que cette différence n'est pas significative chez les témoins. Ainsi, les déficits exécutifs ont des répercussions en situation de conduite. La tâche de détection et de sélection d'informations pertinentes apparaît comme la plus discriminante. Du fait des déficits d'inhibition spécifiques au stade précoce de MA, les patients ne sont plus capables, dans une situation simple de conduite, de sélectionner des informations pertinentes et d'effectuer un traitement correct de la situation en cours.

Uc et al. [30] ont obtenu des résultats similaires avec une situation réelle de conduite couplée à une évaluation neuropsychologique chez des patients ayant subi un accident vasculaire cérébral. Brouwer [7] propose que la conduite soit en permanence une alternance entre des « séquences comportementales stéréotypées », des « épisodes de vérification consciente » et des « transitions occasionnelles de contrôle de l'action basé sur la connaissance » (Fig. 1). Chez le conducteur MA très débutant, ces transitions ne s'effectuent plus correctement, et il fonctionne sur un mode cognitif reposant sur des stéréotypes de situations déjà vécues et non actualisées en fonction de la situation en cours. Il est sans doute possible de séparer les patients déments en deux groupes, ceux présentant des déficits exécutifs et ceux n'en présentant pas, comme le soutiennent Binetti et al. [5]. Il serait alors intéressant d'étudier sur un plus large échantillon comment

chaque sous-composante décrite dans le modèle du contrôle exécutif de Miyake et al. [20] intervient dans les différentes tâches de la conduite automobile et de décrire de quelle façon ces sous-composantes peuvent rendre la conduite non sécuritaire chez des patients présentant des troubles des fonctions frontales.

L'intersection à gauche : une situation à risque qui peut être étudiée comme prédiction d'accident

Une stratégie possible est de déterminer une situation à risque d'accident et de l'explorer sur simulateur de conduite [21]. L'intersection avec engagement sur une voie de gauche avec choix est une situation à haut risque d'accident chez le sujet âgé [31] qui impose d'évaluer précisément la distance et le temps de croisement du véhicule venant en face tout en observant la direction à prendre. On peut modéliser quatre temps : identification visuo-attentionnelle de l'intersection, prise en compte des règles générales procédurales et sémantiques du code, évaluation de la situation avec décision de traverser ou de stopper en fonction du trafic et finalisation de la manœuvre. Globalement, c'est une décision à prendre en un temps limité avec l'importance du facteur d'inhibition en cas d'évaluation d'un temps de passage insuffisant.

Parmi 54 sujets dont 36 témoins (18 jeunes, 18 âgés) et 18 MA débutants que nous avons testés selon le même type de protocole (tests neuropsychologiques et analyse de la conduite en situation avec un moniteur et une neuropsychologue), nous avons centré l'analyse sur les tests attentionnels (test de Zazzo, batterie informatisée d'Amieva 2000) et le défaut d'inhibition (Stroop et double tâche). La voiture était équipée de quatre caméras permettant de suivre à la fois le conducteur, la route, et l'avant et l'arrière du véhicule. Le jugement du moniteur comportait dix items, donc sur les neuf intersections 90 actions étaient notées selon le modèle en quatre temps. Les sujets âgés normaux sont tous plus lents que les jeunes aussi bien en conduite que sur les tests neuropsychologiques (Zazzo, attention divisée et Stroop), mais ont des réponses normales. Les patients MA sont inférieurs sur tous les tests aux témoins et ont des performances anormales pour toutes les expertises du moniteur lors de l'intersection (quatre temps), en particulier s'il y a un choix de direction de l'autre côté de l'intersection. Cette dernière situation est la seule qui différencie les sujets normaux jeunes et âgés alors que les temps visuospatiaux et sémantiques sont identiques : c'est le temps de décision de traversée, d'autant plus difficile que le nombre d'évaluations est grand, qui est le facteur principal d'accidents ; ainsi, des tests explorant la vitesse de traitement et les fonctions d'inhibition paraissent ici encore les plus pertinents.

Vers un marqueur neuropsychologique simple : le test de code de la WAIS

Dans la même série de travaux en situation de conduite réelle [18], nous avons comparé 20 conducteurs atteints de MA débutante à 56 sujets normaux, âgés de 65 à 85 ans avec différents tests neuropsychologiques (MMSE, rétention visuelle de Benton, Set Test d'Isaac, test de barrage de Zazzo et code de la WAIS). L'évaluation de conduite se faisait dans les conditions déjà décrites en situation réelle de 45 minutes sur un parcours prédéterminé et analysé par un moniteur avec une grille comportant trois indicateurs de performance et de risque d'accident : le score global de fautes de conduite est deux fois supérieur chez les patients MA (score de 17) que chez les témoins (score 9), mais avec une grande variabilité d'un sujet à l'autre.

Sur les 76 sujets analysés, on peut considérer que 12 sont à risque dont dix patients MA et deux témoins ; globalement, le facteur de risque est multiplié par 9 dans la MA. Les seules corrélations neuropsychologiques fiables sont le temps de réaction au test de go no-go qui explore la fonction d'inhibition, le *finger-tapping* qui explore la rapidité motrice des doigts sur une minute, et surtout le subtest code de la WAIS et à moindre degré le Stroop : donc un test classique, le code de la WAIS, qui teste à la fois l'attention sélective, les performances visuospatiales, la mémoire de travail, et la rapidité de performance, est le meilleur prédicteur des capacités en situation réelle : un score inférieur à 25 a une sensibilité de 91 % et une spécificité de 81 %. Il est intéressant de noter que ce subtest code est aussi un bon prédicteur de déclin cognitif dans les cohortes de sujets âgés comme la cohorte PAQUID [15] suivies prospectivement à deux ans. Il a été montré par Alexandersen et al. [1] comme un excellent prédicteur de conduite sur une population âgée. Plusieurs études préconisent donc un screening simple associant un champ visuel et un test de code [18].

Des cas particuliers difficiles : l'exemple de l'aphasie primaire progressive et la démence sémantique

Ce sont les situations où le « bon sens » incite à interrompre la conduite, car une fonction cognitive est massivement touchée, mais où la discussion avec la famille montre que la conduite continue d'être correcte...., l'exemple le plus classique étant soit l'amnésie dégénérative, soit l'aphasie dégénérative ou la démence sémantique. Dans l'*amnésie dégénérative*, la mémoire épisodique est atteinte seule alors que la mémoire sémantique est conservée : donc le patient oublie ce qu'il doit faire ou le trajet d'un itinéraire nouveau, ce qui est évidemment à risque de stop intempestif, mais il est autonome sur les connaissances sémantiques (panneaux de signa-

lisation, itinéraires, plans de ville connue, etc.). Il peut faire deux fois de suite le même parcours en oubliant ce qu'il doit faire ou ce qu'il a fait, mais ne fera pas d'erreurs de conduite. Dans l'*aphasie primaire progressive*, le langage peut être perturbé de différentes façons, entre les formes d'expression non fluentes touchant uniquement l'expression ou les formes fluentes qui touchent la compréhension ; l'expérience montre que les patients ne peuvent plus communiquer au point que l'on fournit un certificat décrivant la gêne au cas où ils seraient contrôlés...., mais les performances de conduite peuvent être maintenues ; les deux questions à poser sont l'association à une séméiologie frontale qui repose les questions déjà abordées (anosognosie, déficit d'inhibition, erreurs de stratégies, lenteur de décision...). C'est le cas des formes frontotemporales gauches qui se compliquent de séméiologie frontale après plusieurs années d'aphasie pure. La seconde question concerne la compréhension des indications, des panneaux et du code de la route. La démence sémantique est la caricature du deuxième type associant une perte des connaissances sémantiques avec manque du mot, troubles de la compréhension, déficit d'identification des personnes, des lieux et des objets... d'installation progressive et lente ; évidemment au stade évolué, ces déficits interdisent la conduite. Dans une publication récente [29], nous nous sommes intéressés à un patient jeune avec démence sémantique très attaché à la conduite automobile et qui n'avait eu aucun problème de conduite : il était incapable de décrire et même de dénommer un panneau, mais en situation avait un comportement normal vis-à-vis d'eux. Il n'avait pas de trouble visuo-perceptif (figure de Rey) ni du raisonnement non verbal (matrices de Raven) ni de la reconnaissance et de l'orientation spatiales. L'imagerie, IRM et SPECT, montrait une atteinte temporale externe bilatérale prédominante à droite. Nous avons suivi le patient (S.B.) de 2009 à juin 2013 une fois par semaine, puis deux fois par semaine lorsqu'il a été en préretraite, grâce à l'association orthophoniste et neuropsychologue [24], ce qui a permis une analyse fine de ses difficultés de conduite face à une famille inquiète de la poursuite de cette activité. La rééducation reposait sur le recours aux souvenirs épisodiques et la réacquisition de connaissances sémantiques utiles au quotidien avec création et utilisation de carnet « mémoire de poche », photos des items cibles et fiches sur ordinateur de type dictionnaire du quotidien pour les définitions et dénominations usuelles. Le suivi a en outre été consacré aux dénominations et définitions des personnes de son entourage, en collaboration avec la neuropsychologue du service. Une évaluation des connaissances sur les panneaux de signalisation puis un réapprentissage des panneaux oubliés ont été initiés en juillet 2012, car il s'était engagé dans un sens interdit. Les exercices ont reposé sur entrée verbale et visuelle, avec définition et caractéristiques des différents symboles notés sur le carnet « mémoire de poche » et révisés très souvent. S'y sont associées des

mises en situation de questions de conduite sur informatique. La motivation du sujet, liée en partie à la peur de suspension de permis, la conduite quotidienne avec renforcement permanent des notions réapprises et l'aide de sa femme ont permis de réapprendre beaucoup de concepts simples et utiles au quotidien. En revanche, les concepts peu familiers (panneaux rares ou règles plus abstraites du code) n'étaient plus accessibles. Reste à déterminer si cette méconnaissance doit faire suspendre la conduite chez celui qui n'a jamais eu d'accident... Avec ce suivi rééducatif, la poursuite de la conduite de notre patient est restée possible pendant quatre ans.

Une conclusion pragmatique

Pour les médecins généralistes confrontés à la question d'arrêt de conduite chez des patients à risque, on peut donc préconiser d'utiliser le subtest code de la WAIS et de conseiller l'arrêt si le score est inférieur à 25 et la prudence et surveillance pour un score inférieur à 29. Les tests globaux de type *Mini Mental State* (MMS) ou l'échelle *Clinical Dementia Rating* (CDR) sont moins fiables, car ils vont reposer sur des performances qui ne sont pas forcément utiles dans la conduite automobile. Il resterait à faire une étude prospective sur la prédiction du subtest code de la WAIS sur l'accidentologie d'une population âgée normale ou pathologique.

Évidemment, cette évaluation s'appuie sur l'interrogatoire des accompagnants habituels du conducteur, et on peut s'inspirer de la liste (*dangerous driving check list*) (Tableau 3). On sait que l'arrêt de conduite est une décision difficile : ne pas la prendre fait évidemment courir des risques inacceptables, mais la prendre trop systématiquement risque de décourager certains patients à fréquenter les consultations de dépistage... Par ailleurs, l'autonomie reste une façon de ralentir le déclin cognitif au stade de MA débutante. Toutes ces nuances montrent l'utilité de ce type d'études et la nécessité de confronter les tests en situation réelle, le simulateur et les données neuropsychologiques. Il peut paraître surprenant que nous n'ayons pas abordé les connaissances sémantiques du code de la route évidemment indispensables : la perte d'identification des panneaux est incompatible avec la conduite mais elle est tardive dans la maladie ; même si l'explication verbale est déficiente dans une épreuve de type code, le comportement en situation réelle peut être adapté ; à l'inverse, la connaissance conservée des panneaux ne préjuge pas de décisions correctes dans les situations que nous avons analysées. Donc, il est évident que l'expertise de conduite du sujet déficient ne peut se faire comme un permis classique et se limiter à l'exploration du code de la route ; l'examen en situation réelle reste sans doute le meilleur test mais inenvisageable compte tenu du nombre de sujets à expertiser ; la recherche d'une discrimination simple du sujet à risque, combinant tests psychomé-

Tableau 3 Liste des comportements dangereux sur la route.

Par l'interrogatoire d'un proche du patient, repérer les éléments inquiétants sur la conduite automobile du patient. Rechercher la présence de certains événements de cette liste :

- 1) Mauvaise signalisation (utilisation du clignotant...)
- 2) Difficultés dans les virages
- 3) Circulation sur la mauvaise file
- 4) Erreur de sortie
- 5) Stationnement inadapté
- 6) Choc sur les bordures ou les trottoirs
- 7) Vitesse inadaptée
- 8) Délai de réponse lors de situations imprévues
- 9) Absence d'anticipation de situations dangereuses
- 10) Plus grande irritabilité ou agitation au volant
- 11) Éraflures ou bosses sur la voiture
- 12) Se perd dans des lieux familiers
- 13) Accidents évités de peu
- 14) Contraventions pour non-respect des règles de circulation
- 15) Accident automobile
- 16) Confusion entre l'accélérateur et le frein
- 17) Arrêts dans le trafic sans raison

triques, auto- et hétéroévaluation par questionnaires de la conduite est donc indispensable.

Conflit d'intérêt : les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

Références

1. Alexandersen A, Dalen K, Bronnick K (2009) Prediction of driving ability after inconclusive neuropsychological investigation. *Bram Inj* 23:313-21
2. Amieva H, Lafont S, Rouch-Leroyer I, et al (2004) Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer's disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop Test. *Arch Clin Neuropsychol* 19:791-803
3. Amieva H, Rouch-Leroyer I, Fabrigoule C, Dartigues JF (2000) Deterioration of controlled processes in the preclinical phase of dementia: a confirmatory analysis. *Dement Geriatr Cogn Disord* 11:46-52
4. Baddeley AD, Chincotta D, Adlam A (2001) Working memory and the control of action: evidence from task switching. *J Exp Psychol Gen* 130:641-57
5. Binetti G, Magni E, Padovani A, et al (1996) Executive dysfunction in early Alzheimer's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 60:91-3
6. Borgo F, Giovannini L, Moro R, et al (2003) Updating and inhibition processes in working memory: a comparison between Alzheimer's type dementia and frontal lobe focal damage. *Brain Cogn* 53:197-201
7. Brouwer WH (2002) Attention and driving: a cognitive neuropsychological approach. In: Zimmermann P, Leclercq M (Eds)

- Applied Neuropsychology of Attention. Psychology Press, Hove, pp 223–48
8. Brutel C, Omalek L (2003) Projections démographiques pour la France, ses régions et ses départements (horizon 2030/2050). INSEE Résultats Société 16:1–40
 9. Carr DB, Dachek J, Morris JC (2000) Characteristics of motor vehicle crashes of drivers with dementia of the Alzheimer type. *J Am Geriatr Soc* 48:18–22
 10. Cooper PJ, Tallman K, Tuokko H, Beattie BL (1993) Vehicle crash involvement and cognitive deficit in older drivers. *J Safety Res* 24:9–17
 11. Cotrell V, Wild K (1999) Longitudinal study of self-imposed driving restrictions and deficit awareness in patients with Alzheimer disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 13:151–6
 12. Duchek JM, Hunt L, Bull K, et al (1998) Attention and driving performance in Alzheimer's disease. *J Gerontol* 53:P130–P41
 13. Etienne V (2003) Les déficits attentionnels liés au vieillissement pathologique dans la conduite automobile : la maladie d'Alzheimer. Mémoire de maîtrise de sciences cognitives, Université Lumière, Lyon
 14. Fabrigoule C, Rouch J, Taberly A, et al (1998) Cognitive process in the preclinical phase of dementia. *Brain* 121:135–41
 15. Hagemeyer L, Sommer S (2004) Driving simulation and older driver assessment: preliminary design recommendations based on a usability study. Paper presented at the Driving Simulation Conference, Paris
 16. Johansson K, Bogdanovic N, Kalimo H, et al (1997) Alzheimer's disease and apolipoprotein E epsilon-4 allele in older drivers who died in automobile accidents. *Lancet* 349:1143–4
 17. Kemeny A, Panerai F (2003) Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends Cogn Sci* 7:31–7
 18. Lafont S, Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, et al (2010) The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best indicator of the risk of impaired driving Alzheimer disease and normal aging. *Dement Geriatr Cogn Disord* 29:154–63
 19. Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, Lafont S, et al (2003) Mise en place d'un outil d'évaluation des déficits attentionnels affectant les capacités de conduite au cours du vieillissement normal et pathologique. L'étude SÉROVIE Recherche Transports Sécurité 81:177–89
 20. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, et al (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol* 41:49–100
 21. Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, Lafont S, et al (2013) Cognitive processes involved at intersections: accepted in ageing and Alzheimer
 22. Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, Lafont S, et al (2003) Maladie d'Alzheimer, déficits attentionnels et conduite automobile. *Rev Neurol* 79
 23. Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, Lafont S, et al (2003) Maladie d'Alzheimer, déficits attentionnels et aptitude à la conduite automobile. Présenté à la 7^e réunion francophone sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés, Paris
 24. Poujois A, Basaglia-Pappas S, Thomas-Antérion C, Lebrun-Givois C (2012) Rééducation dans la démence sémantique : intérêt d'un double accompagnement orthophonique et neuropsychologique. *Rev Neuropsychol* 4(Suppl 1):22–7
 25. Ranchet M, Paire-Ficout L, Marin-Lamellet C, et al (2011) Impaired updating ability in drivers with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 82:218–23
 26. Rizzo M, McGehee DV, Dawson JD, Anderson SN (2001). Simulated car crashes at intersections in drivers with Alzheimer disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 15:10–20
 27. Ryan GA, Legge M, Rosman D (1998) Age-related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accid Anal Prev* 30:379–87
 28. Tales A, Muir J, Jones R, et al (2004) The effects of saliency and task difficulty on visual search performance in ageing and Alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 42:335–45
 29. Thomas-Antérion C, Mechin M, Lebrun-Givois C, Basaglia-Pappas S (2013) Rééducation neuropsychologique et aphasie primaire progressive. In: Touchon J, Gabelle A, Bran V (eds) Maladie d'Alzheimer et communication. Sauramps Medical
 30. Uc EV, Rizzo M, Anderson SW, et al (2005) Driver Landmark and traffic sign identification in stroke. Paper presented at the Transportation Research Board, 84th annual meeting, Washington, D.C.
 31. Van Eslande P (2003) Les erreurs des conducteurs âgés. *Recherche Transports Sécurité* 81:190–202

[A52]

CLINICAL INVESTIGATIONS

Automobile Driving in Older Adults: Factors Affecting Driving Restriction in Men and Women

Laetitia Marie Dit Asse, MSc,^{*†} Colette Fabrigoule, PhD,[‡] Catherine Helmer, MD, PhD,[§] Bernard Laumon, MD, PhD,^{||} and Sylviane Lafont, PhD^{*†}

OBJECTIVES: To identify factors associated with driving restriction in elderly men and women.

DESIGN: Prospective cohort study of French drivers from 2003 to 2009.

SETTING: The Three-City Cohort of Bordeaux, a prospective study of 2,104 people aged 65 and older.

PARTICIPANTS: Five hundred twenty-three drivers with a mean age of 76 (273 male, 250 female).

MEASUREMENTS: Sociodemographic characteristics, driving habits, health variables, cognitive evaluation and dementia diagnosis. Predementia was defined as no dementia at one follow-up and dementia at the next follow-up.

RESULTS: Over the 6-year period, 54% of men and 63% of women stopped driving or reduced the distance they drove. Predementia, Parkinson's disease, older age, and a high number of kilometers previously driven were common restriction factors in both sexes. Prevalent dementia, depressive symptomatology, a decline in one or more instrumental activities of daily living, and poor visual working memory were specific factors in men. In women, low income, fear of falling, slow processing speed, and severe decline in global cognitive performance all affected driving restriction.

CONCLUSION: Older women restricted their driving activity more than older men, regardless of the number of kilometers previously driven, physical health, and cognitive status. Factors affecting driving restriction differed according to sex, and women were more likely to stop

driving than men in the period preceding a dementia diagnosis. *J Am Geriatr Soc* 2014.

Key words: driving restriction; elderly; cognitive factors; sex differences; dementia

Demographic projections show that the proportion of people aged 65 and older will continue to increase,¹ therefore increasing the number of older drivers. In addition, because of the preference for cars as a means of transportation in this age group and the increase in the number of women with driving licenses, there will be even more elderly drivers.²

Sensory, functional, and minor cognitive changes appear during the course of normal aging and are more severe with brain pathologies leading to dementia. They may profoundly affect driving,³ which is a complex task involving a number of cognitive functions, particularly attention and decision-making. Many older drivers attempt to compensate for these changes in driving ability by reducing their driving exposure (by reducing their driving frequency or mileage,⁴ by avoiding certain driving situations,⁵ or by ceasing to drive⁶).

Sex differences in this driving regulation process have been reported in the United States,^{5,7,14} Australia,^{15,17} and Finland.^{18,19} A previous study suggested that these differences can be understood in the context of sex roles⁷ that "provide distinct social tasks to women and influence their mobility and transportation modes across the life course." Women drive less than men,⁸ avoid more driving situations,^{7,11,15} and cease driving earlier.²⁰ Men are also more often the main driver^{17,16} and have longer driving "careers" than women because they obtained their driving license at a younger age.¹⁹ These sex differences in images and roles may explain why elderly women enjoy driving less than men or doubt their driving abilities more and why they change their driving habits more easily.¹¹ Prospective studies have not found more driving regulations in women than in men in the United States^{21,24} and in the

From the *Unité Mixte de Recherche Epidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, UMRT 9405, Bron; †Université de Lyon, Lyon; ‡Unité de Service et de Recherche 3413, Centre National de la Recherche Scientifique / Université Bordeaux Segalen; §Centre INSERM U897-Epidémiologie-Biostatistique, L'Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement, Bordeaux; and ||Département Transport Santé Sécurité, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, UMRT 9405, Bron, France.

Address correspondence to Laetitia Marie Dit Asse, UMRESTTE IFSJTAR 25, Avenue François Mitterrand, F-69675 Bron Cedex, France. E-mail: laetitia.marie-dit-asse@ifsttar.fr

DOI: 10.1111/jgs.13077

United Kingdom.²⁵ The age, survey periods, and different measures of regulations in the different studies can partly explain these discrepancies. As far as the factors affecting these regulations are concerned, only one prospective study in the United States has examined driving cessation factors in men and women separately.²⁶ This study showed that the factors affecting driving cessation vary according to sex. The authors found an association between being single and greater risk of cessation in men but not in women. A high level of education was associated with greater risk of cessation in men but with less risk in women. Poor visual acuity and physical limitations, assessed using the Medical Outcomes Study 36-item Short-Form Survey, were associated with driving cessation in women but not in men. This previous study found associations with cognitive factors in both sexes, but the components were not the same in men and in women. In men, a low global cognitive evaluation score on the Mini-Mental State Examination (MMSE) was associated with driving cessation, whereas in women, there were associations between driving cessation and slow complex reaction times and slow information processing speeds, as measured according to the useful field of view test, although this study excluded participants whose global cognitive MMSE score was less than 23, and it did not take into account central nervous system (CNS) conditions or pathologies, which are known to change driving habits significantly and possibly differently in men and women. Furthermore, a cross-sectional study of individuals with dementia showed that women were more likely to have ceased driving at a dementia stage than men.²⁷ The goal of the current study was to identify and compare the cognitive and functional factors associated with driving restriction in urban-dwelling older men and women.

MATERIALS AND METHODS

Population

The present study is based on data from an ongoing prospective cohort of French people aged 65 and older, the Three-City (3C) Study. The primary aim of the 3C Study was to evaluate the risk of dementia and cognitive impairments attributable to vascular factors. The methods used in the study and the sample baseline characteristics have been published in detail.²⁸ The participants were randomly selected from the electoral rolls of three French cities (Bordeaux, Dijon, Montpellier) between 1999 and 2001. To be eligible for recruitment, individuals had to be registered on the electoral rolls of one of those three cities, aged 65 and older, and not institutionalized. Eligible individuals were invited to participate through a personal letter containing a study description and an acceptance or refusal form. Participants were not paid. Only participants from Bordeaux, one of the three cities, were included in the present study ($N = 2,104$). The collection of information was the same at baseline and at the follow-up examinations (2-, 4-, 7-, and 10-year follow-ups). First, a psychologist conducted a face-to-face home interview using a standardized questionnaire on sociodemographic characteristics, driving habits, and cognitive tests (took approximately 1.5 hours). In the following weeks, a physician examined participants in a medical center to obtain health-related data (took approximately

2 hours). Active screening for dementia was conducted using a three-step procedure. After a neuropsychological examination by psychologists, a neurologist or geriatrician assessed participants suspected of having dementia. An independent committee of neurologists reviewed all potential cases of dementia based on all available information to obtain a consensus on the diagnosis in accordance with *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition*, criteria. For subjects not included in the follow-up visits, a systematic request of vital status was made to the civil registry. Cause of death was determined from interviews with a general practitioner or medical records. The ethics committee of the University Hospital of Kremlin-Bicêtre approved the study protocol. The 4-, 7-, and 10-year follow-up data in this study were used. Participants who were active drivers at the 4-year follow-up were followed over the subsequent 6 years ($n = 523$). Details of participant inclusion and follow-up are presented in Figure 1 and the time frame of the study in Figure 2.

Outcome: Driving Restriction

Restriction was defined as driving cessation during the follow-up period or kilometer reduction in driving distance. Age at driving cessation was obtained at each follow-up, and the number of kilometers driven in a typical week was recorded in five categories (<10, 10–50, 51–100, 101–300, and > 300 (1 km = 0.6 mile)). Kilometer reduction was defined as the passage from a higher to a lower class during the 6-year study period. If two restriction events occurred during the follow-up period of the study, only the first event was taken into account.

Cognitive Factors

Mini-Mental State Examination

The MMSE is a general screening test of cognitive ability²⁹ that evaluates several areas of cognitive function: orientation (place and time), attention, memory, arithmetic, language, and visual construction (range 0–30).

Benton Visual Retention Test in Recognition

The Benton Visual Retention Test (BVRT) assesses immediate visual working memory³⁰ using 15 stimulus cards and 15 multiple choice cards. After a 10-second presentation of a stimulus card, a subject is asked to choose the initial figure from among four options (score range 0–15).

Isaacs Set Test

The Isaacs Set Test (IST) explores semantic verbal fluency abilities.³¹ Individuals must generate words belonging to four semantic categories (colors, animals, fruits, cities) in 15 seconds. The score is the total number of words given from the four categories.

Trail-Making Test Parts A and B

Trail-Making Test Parts A and B (TMT-A, TMT-B) measures information processing speed and mental flexibility.³² Part A requires the subject to connect circles numbered randomly from 1 to 25 as quickly as possible and in

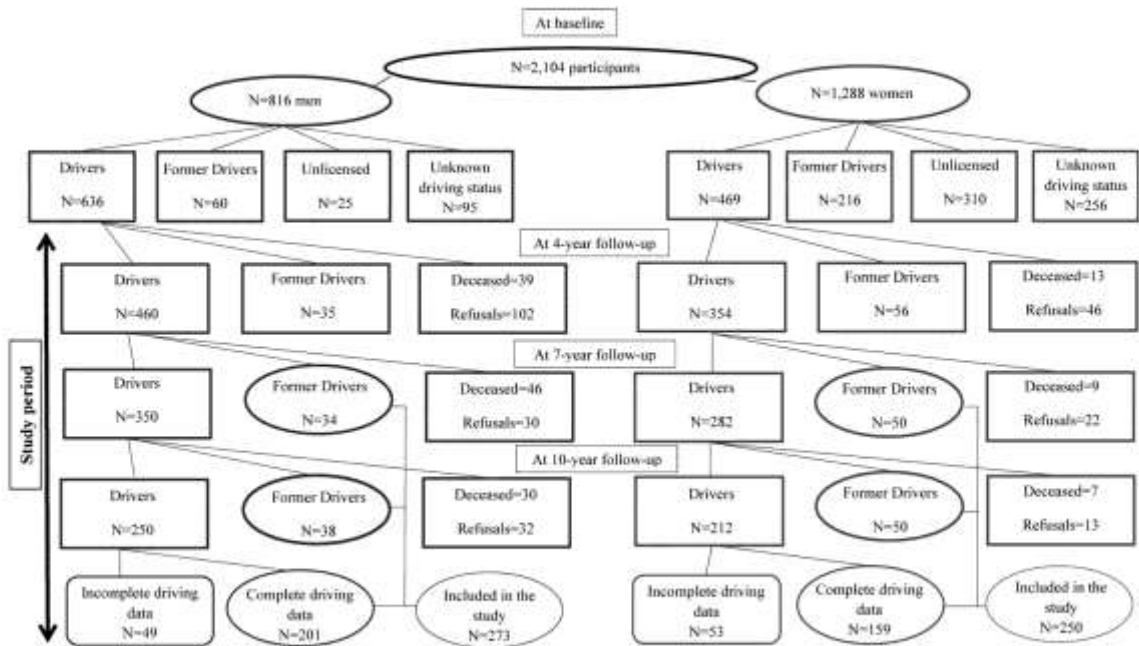


Figure 1. Participant inclusion and follow-up.



Figure 2. Study time frame.

numerical order. In Part B, the subject is asked to connect numbers (from 1 to 13) and letters (from A to L) alternatively in ascending order as quickly as possible. The time taken to complete the test is recorded separately from performance in terms of correct transitions and errors, in accordance with the approach described previously.³³ Time per correct or incorrect transition and number of correct transitions and perseverations (for TMT-B) were analyzed.

The Five-Word Test (FWT)

The five-word test (FWT) measures anterograde memory.³⁴ After the semantic encoding of five words, an immediate free recall is performed, followed by a semantic cued recall for forgotten words. After a nonverbal interference test (TMT-A and -B), a delayed recall that includes a free and cued recall is performed. The score out of 10 is the total number of items recalled in the immediate (free + cued) and delayed (free + cued) recall.

Cognitive Impairment

Participants were considered to have cognitive impairment if they experienced at least two of the following: omissions in daily activities, difficulty retaining new

information, difficulty recalling long-term memories, difficulty with arithmetic, language difficulties, and difficulty with orientation.

Functional Impairment

Activities of Daily Living

Participants were asked whether they needed help with basic activities of daily living (ADLs; bathing, dressing, transferring, toileting, feeding)³⁵ or instrumental ADLs (IADLs; using the telephone, transportation, taking medication, managing money).³⁶

Mobility

Two items from the Rosow and Breslau scale³⁷ were used to assess mobility status: ability to walk 500 to 1,000 m and ability to walk up or down two flights of stairs.

Sensory Impairments and Falls

Deficits in distance vision were assessed according to self-reported difficulties in recognizing familiar faces from further than 4 m away. Participants were also asked about the occurrence of falls over the previous 2 years and whether they were afraid of falling.

Dementia and Predementia Status

Subjects were screened for dementia at inclusion and at each follow-up. The prospective design of the study allowed participants who did not have dementia at one follow-up and but did at the next follow-up to be determined to have predementia.

Medical Conditions and Drug Use

To assess the effect of CNS diseases on driving restriction, five medical conditions were combined; when dementia occurred alone or with one of the three other pathologies, subjects were classified in the dementia category; when Parkinson's disease occurred alone or with stroke or head trauma, subjects were classified as having Parkinson's disease; when stroke occurred alone or associated with head trauma, subjects were included in the stroke category, as described previously.³⁸ These conditions included dementia and predementia status and self-reported variables related to stroke, head trauma with amnesic disorder lasting longer than 24 hours, and Parkinson's disease. Any other medical conditions present during the last 2 years were also analyzed: dyspnea, cancer, fracture, diabetes mellitus, and cardiovascular problems (including angina pectoris, heart attack, hypertension (blood pressure >140/90 mmHg), arteritis, or heart failure). Other nontraumatic serious diseases were grouped into one variable. Depressive symptomatology was assessed using the Center for Epidemiologic Studies Depression (CES-D) Scale.³⁹ Validated scores greater than 16 for men and 22 for women indicated depressive symptomatology.⁴⁰ Each follow-up included an inventory of all the drugs used more than once per week during the preceding month. Large consumers were identified as being in the upper decile of the drug number distribution. Self-perceived health was rated on a Likert scale from 1 (very good) to 5 (very poor). A two-modality variable was used: poor (very poor, poor) versus good (very good, good, fair).

Other Driving Variables

Participants were asked whether anyone had suggested that they stop driving. A history of crash involvement was established if the participant had experienced one or more crashes during the past 2.5 years as a driver. Participants also scored their driving skills out of 10, and the first decile was used to identify drivers, according to sex, who judged their driving abilities as being poor. Information was recorded about proximity to shops (convenience and food stores) and public transport.

Demographic and Socioeconomic Factors

Sociodemographic information included education level (no schooling or primary school level was considered equivalent to 0–5 years of schooling, the secondary school level was considered equivalent to 6–11 years of schooling, and the university level was equivalent to 12 or more years of schooling), living arrangements (alone or not), former

main profession, and monthly income per person in the household.

Statistical Analysis

First, the characteristics of men and women were compared at the follow-up preceding restriction or at the 7-year follow-up for drivers who exercised no restriction. Differences between the sexes were tested using the chi-square test or Fisher exact test for qualitative variables and the Student *t*-test for quantitative variables. These characteristics were the factors used to explain the driving restriction. Univariate Cox proportional hazard regression models were developed with these factors, some of which were time dependent. Cognitive variables were analyzed as qualitative variables, allowing missing data to be taken into account. Poor cognitive performance in each test was defined separately in men and women and was determined when the MMSE, Benton, or Isaacs Set Test scores or number of correct transitions on the TMT-A and -B were lower than the 10th percentile of the distribution or when the time per transition in the TMT-A and TMT-B or the number of perseverations in the TMT-B were higher than the 90th percentile of the distribution according to age class and education level. Severe cognitive decline on each test was also defined separately in men and women and was determined when the difference between baseline and 4-year follow-up scores or between 4- and 7-year follow-up scores was higher than the 90th percentile or when the difference in times between baseline and 4-year follow-up or between 4- and 7-year follow-ups was lower than the 10th percentile. The ascendant selection method was used to enter the covariates into multivariate models. The analyses were conducted using SAS version 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC), and $P < .05$ was considered statistically significant.

RESULTS

Participants consisted of 523 drivers (mean age 76.4 ± 4.2 , 52.2% male). The mean ages of the men and women were not significantly different. All participants had retired by the 4-year follow-up.

Description of the study population at the follow-up preceding restriction or at the 7-year follow-up for drivers with no restriction before the end of study period (the 10-year follow-up). Sixty percent of women and 19.8% of men lived alone (Table 1). Men were more likely to have been employed as senior executives or in blue-collar professions and women in white-collar professions. Women drove less than men, with 20.8% of women driving less than 10 km per week, versus 7.3% of men. Men self-rated their driving skills more highly. More women than men expressed a fear of falling, had fallen at least once in the previous 2 years, had a fracture, or had dyspnea. A larger proportion of men had experienced at least one cardiovascular event, were being treated for diabetes mellitus, or had one or more IADL restrictions. The men's cognitive scores on the anterograde memory test (FWT) and the semantic verbal fluency test (IST) were also lower (Table 2).

Table 1. Characteristics of Men and Women at the Follow-Up Preceding Restriction or at the 7-Year Follow-Up for Drivers Who Did Not Restrict (N = 523)

	Men, n = 273	Women, n = 250	P-Value
Age, mean ± SD	78.3 (4.1)	77.9 (3.9)	.25
Living alone, n (%)	54 (19.8)	150 (60.0)	<.001
Income <1,500 Euro, n (%)	103 (41.4)	107 (47.1)	.21
Education, years, n (%)			
0-5	72 (26.4)	60 (24.1)	.12
6-11	76 (27.8)	90 (36.1)	
≥12	125 (45.8)	99 (39.8)	
Principal occupation, n (%)			
Tradesperson or salesperson	29 (10.7)	22 (8.8)	<.001
Senior executive	89 (32.7)	29 (11.6)	
Intermediate profession	78 (28.7)	67 (26.8)	
Office worker	26 (9.6)	88 (35.2)	
Manual worker	50 (18.4)	11 (4.4)	
Housewife	-	33 (13.2)	
Shops <5 minutes walking, n (%)	218 (79.9)	196 (78.4)	.68
Transportation <5 minutes walking, n (%)	255 (94.1)	241 (96.8)	.14
Kilometers driven per week, n (%)			
<10	20 (7.3)	52 (20.8)	<.001
10-50	97 (35.5)	121 (48.4)	
51-100	54 (19.8)	49 (19.6)	
> 100	102 (37.4)	28 (11.2)	
Self-rated driving skills ^a	[6; 7]	[6; 6]	
Suggestion of driving cessation, n (%)	12 (4.4)	13 (5.2)	.66
History of crashes, n (%)	25 (9.2)	14 (5.6)	.12
Far visual deficit, n (%)	4 (1.5)	4 (1.6)	1.0
≥1 activity of daily living restrictions, n (%)	2 (0.7)	2 (0.8)	1.0
≥1 mobility deficits, n (%)	18 (6.6)	25 (10.0)	.16
Fear of falling, n (%)	27 (9.9)	57 (22.8)	<.001
≥1 falls, n (%)	65 (23.8)	88 (35.2)	.004
Depressive symptomatology, n (%)	15 (5.6)	10 (4.0)	.42
Central nervous system pathologies, n (%)	47 (17.2)	42 (16.8)	.48
Predementia	15 (5.5)	10 (4.0)	
Dementia	7 (2.6)	2 (0.8)	
Parkinson's disease	1 (0.4)	3 (1.2)	
Stroke	13 (4.8)	14 (5.6)	
Head trauma	11 (4.0)	13 (5.2)	
Cancer, n (%)	17 (6.3)	13 (5.2)	.61
Fracture, n (%)	13 (4.8)	35 (14.0)	<.001
Cardiovascular problems, n (%)	56 (20.5)	25 (10.0)	.001
Diabetes mellitus, n (%)	39 (14.3)	20 (8.0)	.02
Other nontraumatic serious diseases, n (%)	30 (11.0)	27 (10.8)	.94
Dyspnea, n (%)	26 (9.6)	43 (17.2)	.01
≥1 instrumental activity of daily living deficits, n (%)	25 (9.2)	10 (4.0)	.02
Large drug consumers (minimum and maximum of the 10th percentile of the distribution)	[6; 9]	[6; 10]	
Poor perceived health, n (%)	5 (1.8)	9 (3.6)	.21
Cognitive complaint, n (%)	66 (24.2)	73 (29.2)	.19

^aMinimum and maximum of the 10th percentile of distribution.

Table 2. Cognitive Evaluation of Men and Women at the Follow-Up Preceding Restriction or at the 7-year Follow-Up for Drivers Who Did Not Restrict (N = 523)

Cognitive Evaluation	Men, n = 273	Women, n = 250	P-Value
Mean ± standard deviation			
FWT	8.7 ± 1.4	9.2 ± 1.2	<.001
IST	30.0 ± 6.4	31.2 ± 6.1	.04
MMSE	27.8 ± 2.2	27.9 ± 1.9	.75
BVRT	11.8 ± 1.9	11.8 ± 2.0	.86
TMT-A			
Time per transition	2.3 ± 0.9	2.4 ± 0.9	.22
Correct transitions	23.9 ± 0.5	23.9 ± 0.3	.36
TMT-B			
Time per transition	4.7 ± 2.1	5.0 ± 3.0	.17
Correct transitions	20.9 ± 5.0	21.1 ± 5.0	.79
Perseverations	0.4 ± 0.9	0.6 ± 1.3	.08
10th percentile [minimum, maximum] ^a			
FWT	[7; 8]	[7; 8]	
IST	[18; 27.5]	[18; 31.5]	
MMSE	[22; 28]	[24; 27]	
BVRT	[8; 11]	[8; 12]	
TMT-A			
Time per transition	[2.8; 5.4]	[3.0; 4.6]	
Correct transitions	[23; 24]	[24; 24]	
TMT-B			
Time per transition	[5.1; 15.3]	[4.9; 12.6]	
Correct transitions	[8; 17]	[7; 22]	
Perseverations	[1; 2]	[1; 2]	
Cognitive decline ^b (4 years before)			
IST	[-9; -6]	[-9; -6]	
MMSE	[-3; -2]	[-3; -2]	
BVRT	-3	[-3; -2]	
TMT-A time per transition	[0.8; 1.3]	[0.9; 1.0]	
TMT-B time per transition	[2.3; 2.7]	[2.0; 3.1]	

FWT = Five-Word Test; IST = Isaacs Set Test; MMSE = Mini-Mental State Examination; BVRT = Benton Visual Retention Test; TMT = Trail-Making Test.

^aMinimum and maximum of the 10th percentile of the distribution of each cognitive variable, according to age and education.

^bMinimum and maximum of the 10th percentile of the distribution of the difference between baseline and the 4-year follow-up or between the 4- and 7-year follow-ups.

Driving Restriction Factors

Three hundred four drivers (58.1%) restricted their driving between the 4- and 10-year follow-ups (147 men (53.8%), 157 women (62.8%)). Driving restrictions over 6 years consisted of 174 kilometer reductions and 130 cessations, including 57 cessations in men (38.8%) and 73 in women (46.5%). Of the 122 decreases noted at 7-year follow-up, cessation followed 33 in the next 2.5 years (25.7%) (15 in men (24.2%), 18 in women (30.0%)).

Table 3 shows the factors that were significantly associated with driving restriction in the multivariate models. In the overall study population, dementia, predementia, and Parkinson's disease were associated with driving restriction. Cognitive factors, such as a low BVRT score, a slow TMT-A execution time, and a severe decline in MMSE performance, were all associated with driving restriction. Socioeconomic factors associated with restriction included being female, being older, and having a low

income. A high number of kilometers previously driven was also a restriction factor, as was the presence of at least one mobility deficit or fear of falling.

In the sex-specific models, predementia, Parkinson's disease, older age, and high number of kilometers previously driven were common factors affecting restriction in both sexes; other restriction factors were sex specific. In men, prevalent dementia, depressive symptomatology, and a decline in one or more IADLs were specific factors. The only cognitive factor was a low BVRT score. The specific restriction factors in women were low income and fear of falling. Slow TMT-A execution time or a severe decline in MMSE performance were cognitive factors specifically associated with driving restriction in women.

DISCUSSION

Women restricted their driving more frequently than men. A higher level of driving cessation in women has already been demonstrated in the same cohort at baseline³⁸ and in other U.S.^{13,14} and Australian¹⁷ prospective studies, but the current results provide a more-comprehensive view of the differences in driving restriction between men and women, taking into account not only driving cessation, but also reduction in kilometers driven. The difference between men and women, although significant, was low (RR = 1.4). A truncation effect on the outcome that included driving cessation can explain this result; 30.1% of women who were still active drivers at aged 60 ceased driving before the 4-year follow-up, versus 14.3% of men. Women may have been able to recognize and admit a

decline in their driving performance more easily and may therefore have changed their driving habits accordingly.^{11,41} Because they drove less during their lives, it is also possible that they used other modes of transportation to ensure their mobility, which may have facilitated driving restriction.^{2,19}

Dementia, predementia, and Parkinson's disease were major factors in driving restriction, regardless of sex. A previous study showed that people with dementia were more likely to have ceased driving during the past 5 years than people who had no CNS pathologies.³⁸ Several other authors have also found an association between dementia and driving cessation in cross-sectional studies.^{27,42,43} In the current study, the fact that the risk associated with driving restriction was higher in the predementia state than in the dementia state was due to the temporality of the variable. Some participants with dementia were no longer part of the population that was at risk of driving restriction because the restriction occurred when they were in a predementia state. This phenomenon was particularly pronounced in women because 17 of the 22 women in a predementia state ceased driving, compared with 10 of the 21 men in the same state. Despite the small number of cases showing the effect of Parkinson's disease on driving restriction, and similar to other studies,^{38,44,45} an association that was significant in both sexes was also found. The cognitive factors that explained a driving restriction regardless of sex and independent of CNS diseases were poor visual working memory performance, slow processing speed, and severe decline in global cognitive performance. Other prospective studies described in the literature have shown

Table 3. Factors Significantly Associated with Driving Restriction: Multivariate Analysis

Factor	Overall, N = 523	Men, n = 273	Women, n = 250
	Adjusted Relative Risk (95% Confidence Interval) ^a		
Age (reference 70-74)			
75-79	1.5 (1.1-2.0)	1.5 (1.0-2.2)	1.5 (1.0-2.2)
≥80	3.1 (2.3-4.1)	4.2 (2.7-6.6)	2.4 (1.5-3.7)
Kilometers driven per week (reference 10-50)			
<10	1.5 (1.1-2.2)	1.3 (0.7-2.5)	1.6 (1.0-2.5)
50-100	1.6 (1.1-2.2)	1.6 (1.0-2.7)	1.5 (1.0-2.3)
>100	2.2 (1.6-2.9)	2.3 (1.5-3.4)	2.3 (1.4-3.8)
Female	1.4 (1.1-1.7)	-	-
Monthly income ≤1,500 Euro ^b	1.3 (1.0-1.6)	-	1.4 (1.0-2.0)
≥1 vs <1 mobility deficits	1.8 (1.2-2.6)	-	2.0 (1.2-3.4)
Fear of falling	1.5 (1.1-2.0)	-	1.5 (1.0-2.2)
Depressive symptomatology	-	2.2 (1.2-4.6)	-
Central nervous system pathology			
Predementia	3.0 (1.9-4.7)	3.9 (2.2-7.1)	2.1 (1.1-4.3)
Dementia	2.3 (1.1-4.9)	3.8 (1.5-9.8)	1.0 (0.2-4.1)
Parkinson's disease	4.1 (1.5-11.2)	8.9 (1.1-71.8)	3.1 (1.0-10.1)
Stroke	1.1 (0.6-1.8)	1.4 (0.6-3.0)	1.0 (0.5-2.0)
Trauma	0.8 (0.4-1.4)	1.1 (0.5-2.6)	0.6 (0.3-1.3)
≥1 instrumental activity of daily living deficits	-	2.1 (1.2-3.6)	-
Low Benton Visual Retention Test score	1.8 (1.2-2.7)	2.1 (1.2-3.9)	-
Trail-Making Test Part A, slow time per transition slow ^c	1.4 (1.0-2.0)	-	1.5 (1.0-2.5)
Severe Mini-Mental State Examination decline ^d	1.9 (1.1-3.3)	-	1.8 (1.0-3.3)

^aEstimated using a Cox model.

^b-\$2,100.

^cThe 10% of the participants with the lowest performances according to age and education level.

^dThe 10% of people with the greatest cognitive decrease between baseline and the 4-year follow-up or between the 4- and 7-year follow-ups.

more-frequent driving cessation in people with cognitive deficits, such as slow processing speed,^{21,23,26,46} poor attention and executive performance,^{17,33} poor learning and memory capacity,¹⁷ poor abstraction capacity,¹⁷ and poor global cognitive ability.^{17,24} The current study found a cognitive effect on driving restriction independent of CNS pathology.

Regarding sex-specific factors, only poor visual working memory performance explained restriction in men, whereas slow processing speed and decrease in global cognitive performance explained restriction in women. The sex-specific cognitive functions associated with driving restriction in the current study are somewhat different from those found in a previous study.²⁶ Using data from a randomized trial involving cognitive training in a selected North American population, that study showed that slow reaction time and slow perceptual speed were associated with driving cessation in women and poor global cognitive ability in men,²⁶ although that study focused only on driving cessation factors and did not take kilometer reduction into account.

It is not possible to determine whether the association between poor cognitive performance and driving restriction is due to drivers' awareness of their cognitive deficits or to the effect of these deficits on daily activities, including driving. The effects of cognitive deficits on daily living may be expressed according to a decline in IADLs, which was associated with driving restriction in men in the current study. IADL restrictions have been found to be associated with driving cessation.^{24,25} The fact that, at the 4-year follow-up, only 1.1% of women who had one or more IADL restrictions were still active drivers, compared with 9.4% of men may explain the absence of any association in women. This suggests that women with a decline in IADLs had ceased driving before inclusion in this study. This is consistent with a higher degree of driving restriction in the pre-demented state in women, which is when a slight decline in IADLs may appear.³⁶

Fear of falling, a marker of overall perceived health, was associated with driving restriction in women only. This observation seems to be independent of whether participants had fallen in the previous 2 years because this factor was not associated with driving restriction. Physical limitation was also associated with driving restriction in women. A previous study found this result as well.²⁶ Depressive symptomatology was associated with driving restriction in men, although this factor could be a cause or a consequence of restriction. Driving restriction could have started before the 4-year follow-up and resulted in a depressed state; previous studies have shown that driving cessation can result in a higher risk of depression regardless of sex.^{47,48}

The current study found that economic considerations affected driving restriction in women. Those who reported low income restricted their driving more than others. Low income may limit mobility by car because of maintenance and running costs, although a prospective study did not find any association between income and driving cessation in women.²⁴

One limit of the current study is that the reduction in the number of kilometers driven may have been underestimated. Some drivers may have reduced the number of kilometers driven while remaining within the same class of

kilometers driven. Moreover, the study did not explore other types of regulation, such as avoidance of certain situations or a decrease in driving frequency. Finally, this study was conducted in an urban area. It is possible that the rate of restriction in rural areas may be lower because of a greater need for a car to maintain independence.

CONCLUSION

This study showed that, in France, older women restricted their driving more than older men, regardless of number of kilometers previously driven, physical health, and cognitive status. This study also showed that restriction factors differed according to sex. Moreover, the pattern of results suggests that, when cognitive deficits are present, women cease to drive at an earlier stage on the path to dementia than men.

ACKNOWLEDGMENTS

The 3C Study is conducted under a partnership agreement between the Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, the University Bordeaux 2 Victor Segalen, and Sanofi-Aventis. The Fondation pour la Recherche Médicale funded the preparation and initiation of the study. The 3C Study is also supported by the Caisse Nationale Maladie des Travailleurs Salariés, Direction Générale de la Santé, MGEN, Institut de la Longévité, Conseils Régionaux d'Aquitaine et Bourgogne, Fondation de France, Ministry of Research-INSERM Programme "Cohortes et collections de données biologiques," Agence Nationale de la Recherche ANR PNRA 2006 and Long Vie 2007, and the "Fondation Plan Alzheimer" (FCS 2009-2012).

Conflict of Interest: The editor in chief has reviewed the conflict of interest checklist provided by the authors and has determined that the authors have no financial or any other kind of personal conflicts with this paper.

Author Contributions: Fabrigoule, Lafont: analysis strategy, interpretation of results, critical revision for important intellectual content. Laumon: critical revision for important intellectual content. Helmer: acquisition of data, revision of manuscript. Dir Assé: analysis and interpretation of data, drafting the article.

Sponsor's Role: None.

REFERENCES

1. Cohen JE. Human population: The next half century. *Science* 2003;302:1172-1175.
2. Rosenbloom S. Is the driving experience of older women changing? Safety and mobility consequences over time. *J Transportation Res Board* 2006;1956:127-132.
3. Mao-Son-Hing M, Marshall SC, Molnar FJ et al. Systematic review of driving risk and the efficacy of compensatory strategies in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 2007;55:878-884.
4. Stratts JC. Do older drivers with visual and cognitive impairments drive less? *J Am Geriatr Soc* 1998;46:854-861.
5. Ross LA, Clay OJ, Edwards JD et al. Do older drivers at-risk for crashes modify their driving over time? *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2009;64B:163-170.
6. Dickerson AE, Molnar LJ, Eby DW et al. Transportation and aging: A research agenda for advancing safe mobility. *Gerontologist* 2007;47:578-590.
7. Choi M, Adams KB, Kahana E. Self-regulatory driving behaviors: Gender and transportation support effects. *J Women Aging* 2013;25:104-118.

8. Bauer MJ, Adler G, Kaskowski MA et al. The influence of age and gender on the driving patterns of older adults. *J Women Aging* 2003;15:3-16.
9. Kostyniak LP, Molnar LJ. Self-regulatory driving practices among older adults: Health, age and sex effects. *Accid Anal Prev* 2008;40:1576-1580.
10. Naumann RB, Dellinger AM, Kresnow MJ. Driving self-restriction in high-risk conditions: How do older drivers compare to others? *J Safety Res* 2011;42:67-71.
11. D'Ambrosio LA, Donorfio LK, Coughlin JF et al. Gender differences in self-regulation patterns and attitudes toward driving among older adults. *J Women Aging* 2008;20:265-282.
12. Braahyn JA, Schneck ME, Lott LA et al. Night driving self-restriction: Vision function and gender differences. *Optom Vis Sci* 2005;82:755-764.
13. Kulikow E. The social and policy predictors of driving mobility among older adults. *J Aging Soc Policy* 2011;23:1-18.
14. Sims RV, Mujib M, McGwin G Jr et al. Heart failure is a risk factor for incident driving cessation among community-dwelling older adults: Findings from a prospective population study. *J Card Fail* 2011;17:1035-1040.
15. Windsor TD, Anstey KJ, Walker JG. Ability perceptions, perceived control, and risk avoidance among male and female older drivers. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2008;63B:75-83.
16. Oxley J, Charlton J, Scully J et al. Older female drivers: An emerging transport safety and mobility issue in Australia. *Accid Anal Prev* 2010;42:515-522.
17. Anstey KJ, Windsor TD, Luszcz MA et al. Predicting driving cessation over 5 years in older adults: Psychological well-being and cognitive competence are stronger predictors than physical health. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:121-126.
18. Siren A, Hakamies-Bloomqvist L. Private car as the grand equaliser? Demographic factors and mobility in Finnish men and women aged 65+. *Traffic Psychol Behav* 2004;7:107-118.
19. Hakamies-Bloomqvist L. Deconstructing a gender difference: Driving cessation and personal driving history of older women. *J Safety Res* 2003;34:383-388.
20. Siren A, Hakamies-Bloomqvist L, Lindeman M. Driving cessation and health in older women. *J Applied Gerontol* 2004;23:58-69.
21. Edwards JD, Barr E, O'Connor ML et al. Ten years down the road: Predictors of driving cessation. *Gerontologist* 2010;50:393-399.
22. O'Connor ML, Edwards JD, Small BJ et al. Patterns of level and change in self-reported driving behaviors among older adults: Who self-regulates? *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2012;67B:437-446.
23. Edwards JD, Ross LA, Ackerman ML et al. Longitudinal predictors of driving cessation among older adults from the ACTIVE clinical trial. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2008;63B:6-12.
24. Choi M, Adams KB, Kahana E. The impact of transportation support on driving cessation among community-dwelling older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2012;67B:392-400.
25. Brayne C, Dufouil C, Ahmad A et al. Very old drivers: Findings from a population cohort of people aged 84 and over. *Int J Epidemiol* 2000;29:704-707.
26. Choi M, Mezak B, Lohman MC et al. Gender and racial disparities in driving cessation among older adults. *J Aging Health* 2012;24:1364-1379.
27. Seiler S, Schmidt H, Lechner A et al. Driving cessation and dementia: Results of the prospective registry on dementia in Austria (PRODEM). *PLoS ONE* 2012;7:26.
28. The 3C Study Group. Vascular factors and risk of dementia: Design of the Three-City Study and baseline characteristics of the study population. *Neuroepidemiology* 2003;22:316-323.
29. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. 'Mini-mental state'. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:189-198.
30. Benton AL. *Test de Retention Visuelle, Applications Cliniques et Expérimentales*, 2e Éd. Paris: Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée, 1965.
31. Isaacs B, Kenne AT. The Set test as an aid to the detection of dementia in old people. *Br J Psychiatry* 1973;123:467-470.
32. Reitan RM. Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills* 1958;8:271-276.
33. Amieva H, Lafont S, Auriaud S et al. Analysis of error types in the Trail Making Test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol* 1998;20:280-285.
34. Dubois B, Touchon J, Portet F et al. Les 5 mots: Une épreuve simple et sensible pour le diagnostic de la maladie d'Alzheimer. *Presse Med* 2002;31:1696-1699.
35. Katz S, Downs TD, Cash HR et al. Progress in the development of the index of ADL. *Gerontologist* 1970;10:20-30.
36. Peres K, Chrysostome V, Fabrigoule C et al. Restriction in complex activities of daily living in MCI: Impact on outcome. *Neurology* 2006;67:461-466.
37. Rosow L, Breslau N. A Guttman health scale for the aged. *Gerontology* 1966;21:556-559.
38. Lafont S, Launon B, Helmer C et al. Driving cessation and self-reported car crashes in older drivers: The impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 2008;21:171-182.
39. Radloff LS, Teri L. Use of the CES-D with older adults. *Clin Gerontol* 1986;5:119-136.
40. Fahrner R, Rouillon F. La version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale). Description et traduction de l'échelle d'auto-évaluation (in french). *Psychiatrie Psychobiol* 1989;4:163-166.
41. Siren A, Meng A. Older drivers' self-assessed driving skills, driving-related stress and self-regulation in traffic. *Traffic Psychol Behav* 2013;17:88-97.
42. Foley DJ, Masaki KH, Ross GW et al. Driving cessation in older men with incident dementia. *J Am Geriatr Soc* 2000;48:928-930.
43. Talbot A, Bruce L, Cunningham CJ et al. Driving cessation in patients attending a memory clinic. *Age Ageing* 2005;34:363-368.
44. Uc EY, Rizzo M, Johnson AM et al. Real-life driving outcomes in Parkinson disease. *Neurology* 2011;76:1894-1902.
45. Campbell MK, Bush TL, Hale WE. Medical conditions associated with driving cessation in community-dwelling, ambulatory elders. *J Gerontol* 1993;48:5230-5234.
46. Ackerman ML, Edwards JD, Ross LA et al. Examination of cognitive and instrumental functional performance as indicators for driving cessation risk across 3 years. *Gerontologist* 2008;48:802-810.
47. Fonda SJ, Wallace RB, Herzog AR. Changes in driving patterns and worsening depressive symptoms among older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2001;56B:5343-5351.
48. Ragland DR, Satariano WA, MacLeod KE. Driving cessation and increased depressive symptoms. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60A:399-405.

[A54]

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>

Presse Méd. 2015, 44 (33)
en ligne sur dx.doi.org
www.emscapub.com/journal/lpm
www.sciencedirect.com

MÉDECINE ET CONDUITE AUTOMOBILE

Dossier thématique

Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer

Colette Fabrigoule¹, Sylviane Lafont²

Disponible sur internet le :

1. CHU de Bordeaux, hôpital Pellegrin, USR CNRS 3413 SANPSY (sommeil, attention et neuropsychiatrie), 13^e étage, place Amélie-Raba-Léon, 33076 Bordeaux cedex, France
2. Institut français des sciences et technologies sur les transports, l'aménagement et les réseaux (IFSTTAR), département transport santé sécurité (TS2), unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement (UMRESTE), 69000 Bron, France

Correspondance :

Colette Fabrigoule, CHU de Bordeaux, hôpital Pellegrin, USR CNRS 3413 SANPSY (sommeil, attention et neuropsychiatrie), 13^e étage, place Amélie-Raba-Léon, 33076 Bordeaux cedex, France.
colette.fabrigoule@u-bordeaux2.fr

■ Points essentiels

Les conducteurs âgés sont plus nombreux sur les routes. Ce sont des conducteurs experts, mais avec l'avancée en âge, certaines modifications physiologiques peuvent interférer avec la conduite, qui est une activité complexe de la vie quotidienne.

Ils sont moins souvent impliqués dans un accident que les plus jeunes, mais ils ont une accidentalité plus importante au kilomètre conduit.

Les personnes âgées sont lourdement représentées dans le bilan de la mortalité routière, en tant qu'automobilistes, mais aussi en tant que piétons. Cette mortalité élevée est expliquée en grande partie par leur fragilité physique.

Il existe, en présence de déficits, un processus d'autorégulation des activités de conduite chez les personnes âgées, modifications/réduction ou arrêt de l'activité de conduite. Mais les déficits cognitifs sont associés à un risque augmenté d'accident.

Chez des conducteurs ayant une maladie d'Alzheimer, il existe toutefois une hétérogénéité importante des capacités de conduite automobile, qui rend difficile le rôle de conseil du médecin généraliste en matière de conduite automobile.

Un protocole pour les médecins a été mis au point pour évaluer des troubles cognitifs susceptibles d'affecter la conduite chez un patient âgé.

La voiture joue un rôle important dans l'autonomie de la personne âgée et dans le conseil au patient sur l'arrêt de la conduite, il faut prendre en compte la balance bénéfice/risque.

ISSN: xx-x-xx-xx-xx-xx
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>
© 2015 Publié par Elsevier Masson SAS.

Le Press
Médicale

ARTICLE IN PRESS

LPM-2776

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>

C. Fabrigoule, S. Lafont

Mise au point

■ Key points

Car driving, cognitive aging and Alzheimer disease

Older drivers are more numerous on the roads. They are expert drivers, but with increasing age certain physiological changes can interfere with driving, which is a complex activity of daily living. Older drivers are involved in fewer accidents than younger drivers, but they have a higher accident rate per kilometer driven.

The elderly are heavily represented in the balance sheet of road deaths, being motorists or pedestrians. This high mortality is largely explained by their physical frailty.

In the presence of deficits, self-regulation of driving habits, changes/reductions or stopping in driving activity occur in the elderly. But cognitive deficits are associated with an increased risk of accidents.

Among drivers with Alzheimer's disease, there is a heterogeneity of driving ability, making difficult the advisory role of a physician for driving.

A protocol for physicians was developed to assess cognitive impairments that may affect driving in an elderly patient.

The car plays an important role in the autonomy of the elderly and patient advice on stopping driving should take into account the risk/benefit ratio.

La part des personnes âgées de 65 ans et plus augmente régulièrement dans la population française et cela s'accompagne d'une augmentation des conducteurs âgés. Ceux-ci sont souvent stigmatisés dans les médias, en particulier à l'occasion de la survenue d'accidents. Cette mise au point vise à déterminer les conséquences du vieillissement de la population sur l'accidentologie et la mortalité routière. Le rôle du médecin dans le conseil aux patients âgés conducteurs de voiture est abordé, en particulier pour ceux ayant des déficits cognitifs avérés, comme les personnes atteintes de démence de type Alzheimer ou d'autres types de démences.

La conduite automobile : une activité complexe de la vie quotidienne

La conduite automobile nécessite de bonnes capacités sensorielles, en particulier visuelles, et un bon fonctionnement de l'appareil locomoteur. Elle implique aussi des capacités cognitives. Les processus cognitifs permettent de prendre connaissance de notre milieu physique et social et d'interagir avec lui. C'est une activité de la vie quotidienne très complexe cognitivement, car elle sollicite fortement les processus d'attention et de prise de décision. Un conducteur doit s'adapter à des situations routières changeantes. Les différentes composantes de l'« attention » et des « fonctions exécutives » lui permettent de sélectionner les informations pertinentes et les actions adaptées à chaque situation. Il est important de souligner que, parmi toutes les activités instrumentales de la vie courante, la conduite automobile est celle qui sollicite le plus la vitesse de traitement car dans certaines situations d'urgence, les contraintes temporelles sont imposées par la situation routière.

Les conducteurs âgés

Avec l'avancée en âge, certaines modifications physiologiques peuvent interférer avec la conduite. Il s'agit des problèmes liés aux organes sensoriels et à l'appareil locomoteur et surtout des modifications dans la sphère de la cognition. Les processus d'« attention sélective » et d'« attention divisée » sont légèrement perturbés, et il existe un ralentissement de la vitesse de traitement des informations [1]. En cas de pathologies cérébrales, ces processus sont encore plus affectés et des troubles des fonctions exécutives apparaissent, en particulier des troubles de flexibilité mentale et de planification [2,3].

Les conducteurs âgés sont cependant des conducteurs experts, au sens où ils ont acquis des routines de haut niveau, éléments de la « mémoire procédurale » ou « mémoire du savoir-faire » qui permettent de gérer automatiquement la plupart des situations routières habituelles en utilisant un minimum de ressources cognitives. Mais, en cas de situations complexes nécessitant de traiter beaucoup d'informations à la fois, dans lesquelles il existe des conflits potentiels de réponses, ou dans lesquelles les contraintes temporelles sont fortes, les routines ne sont pas suffisantes. Les conducteurs les plus âgés, ou ceux qui sont fragilisés au plan neurologique, peuvent alors ne pas avoir les ressources cognitives suffisantes pour gérer la situation, ce qui peut générer un accident.

Les conducteurs âgés sont moins souvent impliqués dans un accident de la route que les conducteurs plus jeunes lorsque le nombre d'accident d'une classe d'âge est rapporté à la population des titulaires du permis de conduire de cette même classe d'âge (figure 1). Toutefois, parce qu'ils se déplacent moins, une augmentation des taux d'accident est observée à partir

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>

Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer

MÉDECINE ET CONDUITE AUTOMOBILE

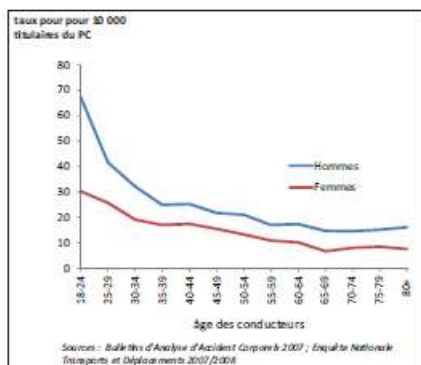


FIGURE 1
Incidence d'implication des conducteurs de véhicules légers dans un accident corporel, taux pour 10 000 titulaires du permis de conduire

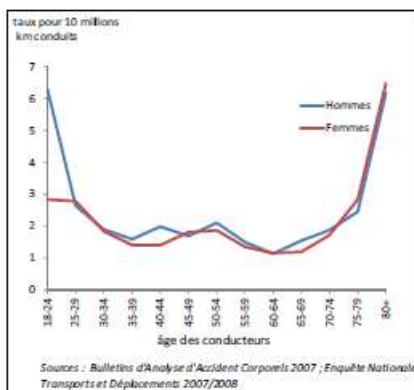


FIGURE 2
Implication des conducteurs de véhicules légers dans un accident corporel, taux pour 10 millions de km conduits

de 75 ans lorsque le nombre d'accidents est rapporté à la distance parcourue (figure 2).

Une mortalité élevée en tant que conducteurs, mais aussi en tant que piétons

À partir de 75 ans, il existe une augmentation de la mortalité des conducteurs âgés par rapport à la classe d'âge intermédiaire (de 30 à 74 ans), le taux restant cependant inférieur à celui des conducteurs jeunes (figure 3). La mortalité routière des âgés n'est pas seulement liée à leur activité de conducteurs de voiture. Il existe au même âge une augmentation très forte de l'incidence de la mortalité en tant que piéton. C'est un élément qui doit être pris en compte dans la réflexion sur l'arrêt de la conduite chez les personnes âgées. La mortalité élevée des personnes âgées en situation routière est expliquée en grande partie par leur fragilité physique. La figure 4 montre ainsi une augmentation considérable de la létalité (mortalité parmi les blessés) chez les automobilistes âgés, et encore plus chez les piétons âgés. Enfin, lorsqu'ils sont blessés, ils ont un risque de blessures graves et un risque de décès plus élevés que les plus jeunes.

Un risque augmenté en cas de déficits cognitifs

Les modifications des organes sensoriels ou de l'appareil locomoteur affectent l'aptitude à la conduite, mais finalement elles sont peu liées à un risque plus élevé d'accident. Les études montrent que les conducteurs âgés sont conscients de leurs déficits moteurs ou visuels, et qu'ils s'y adaptent en réduisant leur exposition à la route (réduction de la fréquence de conduite ou du nombre de kilomètres, évitement de la conduite de nuit

par exemple), où en arrêtant l'activité de conduite automobile [4,5].

Les études nationales ou internationales montrent au contraire que les déficits cognitifs d'attention et de fonctions exécutives sont associés à un risque augmenté d'accident. Les accidents des conducteurs âgés ne sont pas les mêmes que ceux des plus jeunes. Avec l'âge, il y a une augmentation de la proportion d'accidents qui se produisent dans des situations complexes au niveau de l'analyse de la situation, et/ou nécessitant une grande rapidité de décision, ce qui est le cas très souvent dans des intersections « tourne à gauche » par exemple [6].

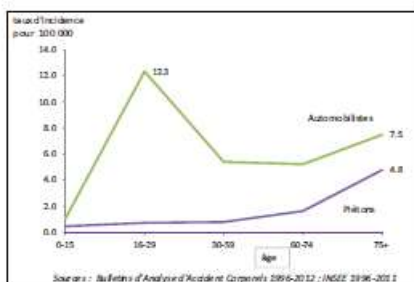


FIGURE 3
Mortalité des automobilistes et des piétons dans un accident de la circulation, taux pour 100 000

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>

C. Fabrigoule, S. Lafont

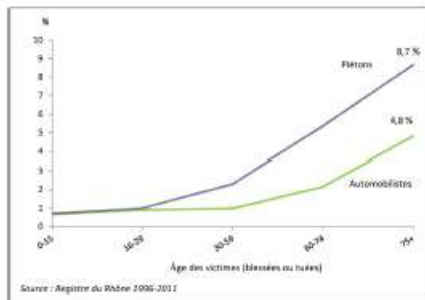


FIGURE 4
létalité des automobilistes et des piétons (% de décès parmi les blessés)

Si les déficits cognitifs sont associés à un risque d'accident, c'est sans doute parce qu'ils sont moins bien perçus. Il est certainement difficile pour un conducteur d'identifier une modification de ses propres capacités cognitives. Certains conducteurs ayant des déficits cognitifs adaptent cependant leurs habitudes de conduite en réduisant la fréquence et la durée de leur exposition à la route, mais tous ne le font pas [7]. Ils conduisent alors d'une façon qui dépasse leurs capacités.

Qu'en est-il des conducteurs ayant une maladie d'Alzheimer ou un autre syndrome démentiel ?

La démence de type Alzheimer étant la plus fréquente des démences, les études portent majoritairement sur cette pathologie. Un risque d'accident plus élevé chez des conducteurs déments à un stade débutant n'est pas systématiquement observé, les données de la littérature étant contradictoires [8-10] et il existe une grande hétérogénéité des performances cognitives et de conduite automobile à ce stade [11]. Les figures 5 et 6, obtenues dans la partie expérimentale de l'étude SEROVIE (sécurité routière et vieillissement), illustrent cette hétérogénéité des performances de conduite chez des déments débutants, mais elle montre aussi que certains sujets témoins n'ont pas de meilleures performances. De plus, il existe un taux important d'arrêt de l'activité de conduite chez les conducteurs ayant un tableau démentiel. Dans l'étude 3 C, qui porte en France sur les sujets âgés de 3 villes (Bordeaux, Dijon, Montpellier), 508 diagnostics de démence ont été portés au cours de 10 années de suivi sur des personnes qui conduisaient à l'inclusion. Beaucoup avaient arrêté de conduire avant le diagnostic, beaucoup à un stade pré-démontiel quelques années avant le diagnostic, en particulier les femmes, et la plupart des autres ont arrêté au moment du diagnostic [12]. Ceux qui continuent

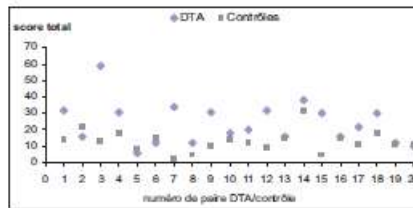


FIGURE 5
Score total d'erreurs de conduite de chaque paire de sujets DTA/contrôle, dans une épreuve de conduite réelle, étude SEROVIE

à conduire ont un score au MMS plus élevé que ceux qui ont arrêté. Ces données confirment que les stratégies de régulation de la conduite sont particulièrement fréquentes chez les conducteurs ayant des déficits cognitifs avérés, mais certains conducteurs présentant une démence pensent néanmoins qu'ils sont aussi bons, voire meilleurs que les autres conducteurs de leur âge et ceux-là ont besoin d'être accompagnés dans l'arrêt de la conduite. Il y a peu de données dans la littérature concernant les cas de conducteurs ayant une démence fronto-temporale, dans laquelle la composante frontale est potentiellement une source de problèmes comportementaux au volant. Des études montrent que ces patients ont des comportements dangereux sur la route avec des violations de règles, et un manque de compréhension de leurs problèmes de conduite [13,14].

Rôle du médecin au regard de la problématique de la conduite automobile de ses patients

La France fait partie des pays européens qui n'ont pas mis en place de procédures spécifiques pour les conducteurs âgés, procédures qui, selon un rapport de l'OCDE, n'ont d'ailleurs pas montré leur efficacité [15]. Pour tous les âges, l'arrêt du 21 décembre 2005 (modifié le 31 août 2010) a établi en France une liste des contre-indications médicales à la conduite. Soumis

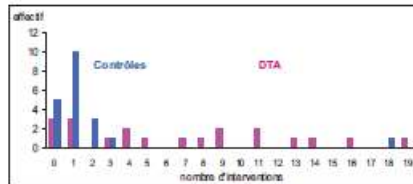


FIGURE 6
Interventions du moniteur d'auto-école dans l'étude SEROVIE

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006.

Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer

MÉDECINE ET CONDUITE AUTOMOBILE

au secret médical, les médecins n'ont pas à déclarer aux autorités un conducteur qui présente une contre-indication médicale à la conduite. Ils ont toutefois une obligation de conseil et d'information auprès de leurs patients. Mais en ce qui concerne les perturbations de la sphère cognitive, la liste des contre-indications médicales à la conduite est peu informative. Dans les pathologies neurologiques et psychiatriques, « la démence documentée, après avis spécialisé si nécessaire », fait partie des incompatibilités médicales à la conduite. Ce terme reste cependant imprécis, en l'absence de référence à un niveau de sévérité de la démence et de déficits cognitifs. En outre, les médecins ne disposent pas d'outils cognitifs validés leur permettant d'apprécier les répercussions éventuelles des troubles cognitifs sur l'aptitude à la conduite automobile.

Comment évaluer un conducteur âgé ?

Sur la base de deux études françaises, un protocole a été mis au point en utilisant des tests cognitifs qui avaient été mis en relation avec le risque d'accident, d'une part, et avec une conduite dangereuse, d'autre part. Les outils cognitifs proposés

s'appuient en grande partie sur les résultats de l'étude SEROVIÉ en population française. Dans la partie épidémiologique de cette étude, menée sur la population bordelaise de l'étude des 3 cités (3 C), les performances au test de Trail Making Test-B [16] (TMT-B) étaient associées au risque d'accident dans les cinq dernières années [7]. Dans la partie expérimentale en conduite réelle, c'est le test des codes de Wechsler [17] qui s'est révélé le meilleur prédicteur d'une conduite dangereuse, dans une population de 76 conducteurs âgés dont 18 avaient une démence de type Alzheimer débutante [11]. Le protocole proposé comprenait aussi l'échelle des 4 IADL, pour évaluer le niveau d'autonomie dans les activités instrumentales de la vie courante, ainsi qu'un questionnaire sur la mobilité routière et des questions d'auto-estimation des capacités cognitives et de conduite. La faisabilité de ce protocole dans un contexte de médecine générale a été évaluée dans le cadre de l'étude MG-CogCAPA [18].

Dans l'interprétation des résultats d'un patient aux outils de ce protocole, il faut prendre en compte différents éléments. Le test des codes de Wechsler (figure 7) est une épreuve d'attention

Codes de Wechsler (1'30) Numéro sujet : ____-____-____

1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	⊥	☐	∟	⊏	○	^	×	≡

Exemple ↓

2	1	3	7	2	4	8	2	1	3	2	1	4	2	3	5	2	3	1	4	5	6	3	1	4
1	5	4	2	7	6	3	5	7	2	8	5	4	6	3	7	2	8	1	9	5	8	4	7	3
6	2	5	1	9	2	8	3	7	4	5	5	9	4	8	3	7	2	6	1	5	4	6	3	7
9	2	8	1	7	9	4	6	8	5	9	7	1	8	5	2	9	4	8	6	3	7	9	8	6

FIGURE 7
Test des codes de Wechsler

Volume xx - n°x - xx 2015



Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpm.2015.04.006>

C. Fabrigoule, S. Lafont

visuelle dans laquelle il existe en haut de la page une échelle de correspondance entre des chiffres et des symboles. Différentes lignes en dessous présentent des cases vides en dessous de chiffres. La personne doit reporter en 90 secondes autant de symboles que possible en dessous des chiffres en utilisant la correspondance du haut de page. Le nombre de bons symboles rapportés correspond donc à une mesure de vitesse de traitement de l'information complexe. Des erreurs peuvent apparaître dans ce test. Les plus fréquentes correspondent à l'injection d'automatismes, par exemple le symbole correspondant au 7 est complété pour faire un A et le symbole correspondant au 5 est complété pour faire un u. Ces erreurs reflètent un déficit d'inhibition. Dans le Trail Making B (figure 8), le sujet doit relier le plus vite possible en ordre croissant des chiffres et des lettres disposés sur une page, en alternant systématiquement entre chiffres et lettres. La difficulté de ce test vient de ce que les

séries de chiffres et de lettres sont très automatiques, et la flexibilité mentale est impliquée pour alterner systématiquement. Les erreurs les plus fréquentes sont des persévérations sur la série de chiffres ou celle de lettres. Ce test est généralement précédé du Trail Making A, dans lequel la personne doit relier le plus vite possible des chiffres présents sur la page en ordre croissant. Ce test donne généralement lieu à peu d'erreurs, le temps mis à le réaliser correspondant à une vitesse de traitement simple.

Les résultats aux différentes composantes des tests utilisés fournissent des informations :

- sur la vitesse de traitement de l'information, scores au test des codes de Wechsler, temps au TMT-A, et au TMT-B ;
- sur les erreurs aux tests : mauvais signes au test des codes de Wechsler, en particulier automatismes du A et du U, erreurs au TMT-B, en particulier erreurs de persévération ;

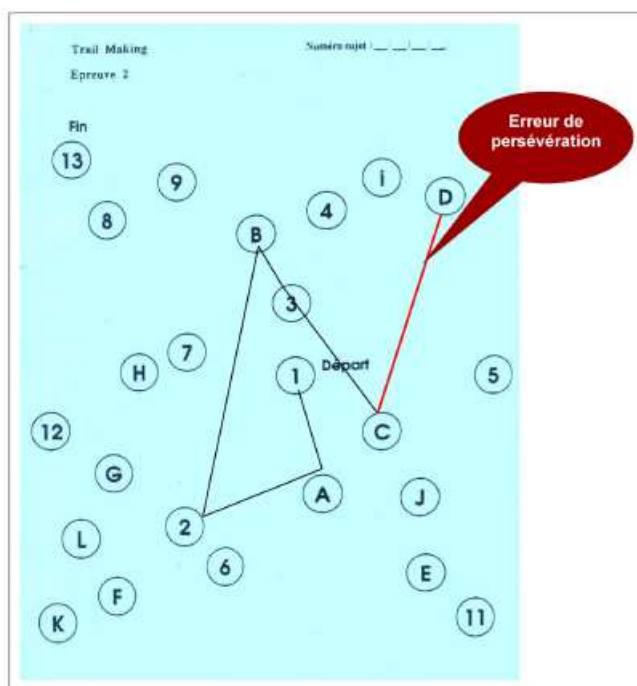


FIGURE 8
Trail Making Test-B

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. Presse Med. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>

Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer

MÉDECINE ET CONDUITE AUTOMOBILE

- sur une restriction dans les activités instrumentales de la vie quotidienne (attention aux sous-déclarations chez les déments) : score aux 4 IADL ;
- sur l'auto-estimation par le patient de ses déficits et des difficultés éventuelles à conduire ;
- sur l'existence d'une régulation de la conduite adaptée ou pas aux déficits.

Les conducteurs qui présentent des performances basses à plusieurs mesures de vitesse et/ou qui font des erreurs aux tests nécessitent certainement d'être accompagnés dans une réduction, voire l'arrêt de l'activité de conduite. Mais, en plus de la cognition, il est aussi important de prendre en compte la conscience qu'ils peuvent avoir de leurs problèmes. Ceux qui sont conscients que leurs capacités ont beaucoup baissé seront plus à même d'accepter une activité de conduite limitée leur permettant un minimum d'autonomie de déplacements avant l'arrêt définitif de la conduite. Pour les conducteurs ayant un syndrome démentiel débutant, il est important de refaire l'évaluation tous les ans, voire tous les 6 mois, pour tenir compte de l'évolution des troubles cognitifs.

Conseil aux patients

La voiture tient une place importante dans la vie des personnes âgées et dans la préservation de leur autonomie. Le *tableau 1*,

obtenu à partir du questionnaire que les médecins de l'étude MG-CogCAPA ont fait passer aux patients, illustre la place importante de la voiture dans l'autonomie des personnes âgées, pour les activités sociales telles que la visite à la famille ou aux amis, pour les activités de loisirs, pour faire les courses, ou encore pour aller chez le médecin ou à la pharmacie.

Dans le conseil aux patients, il est important de prendre en compte les avantages et les inconvénients de l'arrêt de la conduite. Chez des patients ayant une diminution importante des capacités nécessaires à la conduite, quelle qu'en soit l'origine, l'arrêt de la conduite automobile peut bien entendu permettre de réduire le risque d'accident en tant que conducteur de voiture. Mais c'est souvent un point difficile à aborder, car accepter de ne plus conduire suppose d'admettre ses troubles, ce qui n'est pas évident chez des patients présentant du déni ou même une anosognosie.

Il faut prendre en compte la balance bénéfique/risque. L'arrêt de la conduite peut avoir en effet des conséquences négatives sur le risque d'accident en tant que piéton. Enfin, si l'on considère la place que tient la voiture dans les activités des personnes (maintien du réseau social et des activités de loisir), l'arrêt de la conduite peut se traduire par une augmentation de la dépression [19] et par une accélération du risque de

TABLEAU 1
Place de la voiture au sein d'une cohorte de 541 conducteurs âgés, MC-CogCAPA [18]

	Hommes, n = 351 n (%)	Femmes, n = 190 n (%)	Effectif	Valeur p
Âge à l'inclusion m (SD)	77,6 (5,5)	75,0 (4,9)	541	< 0,001
Distance parcourue en voiture/semaine				< 0,001
Moins de 10 km	9,1	14,8	60	
Entre 10 et 50 km	27,7	43,9	180	
Entre 50 et 100 km	28,0	24,3	144	
Plus de 100	35,1	16,9	155	
Motifs de déplacements au moins 1 fois/semaine				
Visite famille/amis	44,3	49,7	530	0,3
Service famille/amis	30,1	26,6	527	0,4
Activités de loisirs	43,4	35,1	527	0,06
Courses, démarches administratives	76,9	79,4	535	0,5
Nécessité de la voiture				
Boulangerie	31,5	38,1	538	0,1
Épicerie	50,0	52,6	538	0,6
Boucherie	51,6	51,8	536	0,9
Pharmacie	44,1	43,2	537	0,8
Médecin	57,6	59,5	539	0,7

Pour citer cet article : Fabrigoule C, Lafont S. Conduite automobile, vieillissement cognitif et maladie d'Alzheimer. *Presse Med.* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2015.04.006>

C. Fabrigoule, S. Lafont

vieillesse pathologique, puisqu'il a été souvent montré que la pratique d'activités de loisirs à la retraite et le maintien d'un réseau social équilibré étaient des facteurs de prévention de la démence [20,21].

Plutôt qu'un arrêt brutal de l'activité de conduite automobile, lorsque cela paraît encore possible, il est envisageable de conseiller une réduction de cette activité et de limiter les

déplacements en distance et fréquence. Ceci permet de préparer un arrêt définitif de l'activité, tout en mettant en place progressivement des moyens de substitution pour les déplacements.

Déclaration d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Jacquin-Gadda H, Fabrigoule C, Commenges D, Dartigues JF. A 5-year longitudinal study of the mini-mental state examination in normal aging. *Am J Epidemiol* 1997;145:498-506.
- [2] Collette F, Amieva H, Adam S, Hogge M, Van der Linden M, Fabrigoule C, et al. Comparison of inhibitory functioning in mild Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Cortex* 2007;43:866-74.
- [3] Amieva H, Lafont S, Autacombe S, Roinville C, Orgogozo JM, Dartigues JF, et al. Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol* 1998;20:280-5.
- [4] Meng A, Siren A. Cognitive problems, self-rated changes in driving skills, driving-related discomfort and self-regulation of driving in old drivers. *Accid Anal Prev* 2012;49:322-9.
- [5] Marie Dit Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Lafont S. Automobile driving in seniors: factors affecting driving restriction in men and women. *J Am Geriatr Soc* 2014;62:2071-8.
- [6] Lafont S, Gabaude C, Paire-Ficout L, Fabrigoule C. Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres : étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2005. *Trav Hum* 2010;73:75-92.
- [7] Lafont S, Laumon B, Helmer C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 2008;21:171-82.
- [8] Man-Son-Hing M, Marshall SC, Moher B, Wilson KG. Systematic review of driving risk and the efficacy of compensatory strategies in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 2007;55:878-84.
- [9] Sanchez S, Novella J-L. La conduite, le vieillissement et la maladie d'Alzheimer : état des connaissances. *Rev Geriatr* 2012;37:701-6.
- [10] Lafont S. (sous la direction de B Laumon et C Fabrigoule). Sécurité routière et conducteurs âgés - estimation des enjeux et contribution des facteurs cognitifs et de la démence. Approches épidémiologique, expérimentale et clinique [Thèse de doctorat - Spécialité Épidémiologie et Santé Publique]. Lyon 1, France: Université Claude-Bernard; 2008.
- [11] Lafont S, Mann-Lamallet C, Paire-Ficout L, Thomas-Antérion C, Laurent B, Fabrigoule C. The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best indicator of the risk of impaired driving in Alzheimer disease and normal aging. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2010;29:154-63.
- [12] Marie Dit Asse L. (sous la direction de B Laumon et l'encadrement de S Lafont). Régulation de la conduite automobile chez les femmes et les hommes âgés [Thèse de doctorat - Spécialité Épidémiologie et Santé Publique]. Lyon 1, France: Université Claude-Bernard; 2015.
- [13] Ernst J, Krapp S, Schuster T, Förstl H, Kurz A, Diehl-Schmid J. Fahrtüchtigkeit bei Patienten mit frontotemporaler und Alzheimer-Demenz. *Nevenarzt* 2010;81:79-85.
- [14] Fujita R, Kamimura N, Ikeda M, Koyama A, Shimodera S, Moinobu S, et al. Comparing the driving behaviours of individuals with frontotemporal lobar degeneration and those with Alzheimer's disease. *Psychogeriatrics* 2015. <http://dx.doi.org/10.1111/ppvg.12115> [Epub ahead of print].
- [15] OECD. Ageing and Transport. Mobility needs and safety issues. France: OECD Publication; 2001.
- [16] Reitan R. Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills* 1965;8:271-6.
- [17] Wechsler D. *WAIS-R manual*. Cleveland: Psychological Corporation; 1981.
- [18] Fabrigoule C, Clément J, Coquillat A, Laumon B, Lafont S. Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors. *Rev Geriatr* 2012;37:707-18.
- [19] Ragland DR, Sabiriano WA, MacLeod KE. Driving cessation and increased depressive symptoms. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:399-403.
- [20] Fabrigoule C, Letenneur L, Dartigues JF, Zanouk M, Commenges D, Barberger-Gateau D. Social and leisure activities and risk of dementia: a prospective longitudinal study. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:485-90.
- [21] Bennett DA, Arnold SE, Bien-Ly N, Brayne C, Schneider JA. Cognitive and social lifestyle links with neuropathology and cognition in late life. *Acta neuropathologica* 2014;127:137-50.

[A54]

RESEARCH ARTICLE

International Journal of
Geriatric Psychiatry**Gender effect on driving cessation in pre-dementia and dementia phases: results of the 3C population-based study**Laetitia Marie Dit Asse¹, Colette Fabrigoule², Catherine Helmer³, Bernard Laumon¹, Claudine Berr⁴, Olivier Rouaud⁵, Sophie Auriacombe⁶ and Sylviane Lafont¹¹Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon1, Ifsttar, UMR ESTTE, Bron, France²USR 3413 CNRS/Université Bordeaux Segalen, Bordeaux cedex, France³Centre INSERM U897 - Epidémiologie - Biostatistique, ISPED, Bordeaux, France⁴INSERM U1061 - Hôpital La Colombière, Montpellier Cedex 5, France⁵Centre Mémoire de Ressources et de Recherche, Bocage Central, Dijon, France⁶Centre Mémoire de Ressources et de Recherche, Bordeaux Cedex, France

Correspondence to: S. Lafont, E-mail: sylviane.lafont@ifsttar.fr

Objectives: Aging entails deterioration in sensory, physical, and cognitive functions, raising doubt in the driving capacity of older drivers, especially when the deficits are severe, as in dementia. Many older drivers, especially women, adapt their driving habits in order to compensate for these deficits and eventually stop driving. The present prospective study assessed driving cessation in men and women throughout the dementia process, including a 2-year pre-dementia phase.

Methods: The study was based on a three-city cohort of subjects who were aged 65 years and older in 2000 and followed for more than 10 years. Active dementia detection was conducted at each follow-up. The probability of driving cessation was assessed in men and women during the 2-year pre-dementia phase and until 5 years after diagnosis.

Results: In the 2-year pre-dementia phase, both men and women ceased driving earlier than drivers with no central nervous system pathology ($p < 0,001$), and women ceased driving earlier than men. A total of 45% of men and 74% of women had already ceased driving at dementia diagnosis. In contrast, the probability of cessation within 3 years after diagnosis was similar between men and women.

Conclusion: The study showed that, in this French urban population, few demented drivers, especially women, were still driving after diagnosis. Those who continued to drive 3 years after the diagnosis all had Alzheimer-type dementia. There is certainly a need for physicians to help these drivers to adapt their driving activity to their deficits and to prepare them to stop driving. Copyright © 2016 John Wiley & Sons, Ltd.

Key words: dementia; pre-dementia; gender; driving cessation; cohort study; older drivers

History: Received 14 January 2016; Accepted 14 July 2016

DOI: 10.1002/gps.4565

Introduction

Driving is a complex activity that calls on sensory, physical, and cognitive functions (Anstey *et al.*, 2005). Visual acuity, contrast sensitivity, glare tolerance, and an intact visual field are essential to ensure basic sensory information regarding the place, other vehicles, road users, and possible dangers (Anstey *et al.*, 2012; Higgins and Wood, 2005). Physical requirements comprise muscle force and grip for

handling the steering wheel and good head rotation capacity, for example, to check blind spots (Anstey *et al.*, 2005). The cognitive functions involved are numerous (Anstey *et al.*, 2005; Carr *et al.*, 2006); the most important are attentional processes and executive functions that enable the integration of information and the anticipation and preparation of adapted sensorimotor and cognitive responses (Adrian *et al.*, 2011). Driving also requires good working memory to keep relevant information in mind during the

decision-making process. Finally, sufficient speed of information processing is necessary. However, some of these functions and processes are slightly altered during normal aging; the slowing of information processing is observed, accompanied by attentional deficits (Hasher *et al.*, 1991; Jacqmin-Gadda *et al.*, 1997; Salthouse and Meinz, 1995). These deficits become greater and are accompanied by problems with executive function for individuals with brain pathologies, such as dementia of Alzheimer type or other dementias (Amieva *et al.*, 1998; Parasuraman and Haxby, 1993), raising doubt in their driving capacity (Man-Son-Hing *et al.*, 2007).

For persons developing dementia, longitudinal prospective studies have described a phase where cognitive performances progressively deteriorate until they are severe enough to significantly affect the instrumental activities of daily living, the defining characteristic of dementia. In these studies, the beginning of the deterioration has been observed to range from 9 to 12 years before the diagnostic criteria of dementia are met (Amieva *et al.*, 2005; Kawas *et al.*, 2003; Rajan *et al.*, 2015). In the few years preceding dementia diagnosis, these cognitive deficits may be sufficient enough to affect driving safety. This may explain the increased crash risk found 2 years before dementia (Lafont *et al.*, 2008). Consequently, it is important to explore the process of driving cessation in the phase just preceding a dementia diagnosis.

In parallel, drivers experience an effective adaptation of driving behavior to sensory and physical changes, which is often observed for most pathologies. Older drivers change their way of driving by reducing driving exposure (i.e., frequency or mileage) (Stutts, 1998), avoiding certain driving situations (Ross *et al.*, 2009b), or ceasing to drive (Dickerson *et al.*, 2007). For many drivers, ceasing to drive is a difficult decision as driving determines autonomy and quality of life (Tuokko *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2015). There are differences between men and women in this regard; numerous studies on the general population reported that older women ceased driving earlier than men (Anstey *et al.*, 2006; Chipman *et al.*, 1998; Choi *et al.*, 2012; Freund and Szinovacz, 2002; Lafont *et al.*, 2008; Marie Dit Asse *et al.*, 2014; Ross *et al.*, 2009a; Sims *et al.*, 2011; Unsworth *et al.*, 2007).

Because women cease driving earlier than men, it is crucial to question the gender effect during the evolution to dementia. In the dementia phase, two studies failed to demonstrate a gender effect on driving cessation after diagnosis of dementia (Gilley *et al.*, 1991; Herrmann *et al.*, 2006). In the two years preceding dementia, we demonstrated in a previous study that

women limited their driving activity more than men compared with a population free of neurological pathology (Marie Dit Asse *et al.*, 2014). In that study, the outcome was driving restriction, defined either by a reduction in driving distance or by driving cessation during the follow-up period.

In the present prospective study, we assessed the gender effect on driving cessation according to age in the 2-year time period before dementia diagnosis and in the 5 years after diagnosis, with an active detection of dementia at each follow-up.

Methods

Study population

The study was based on the three-city (3C) cohort of subjects aged 65 years and older. The principal objective of the 3C study was to analyze the relation between vascular factors and dementia (The 3C Study Group, 2003). Participants were randomly selected from the electoral rolls of three French cities (Bordeaux, Dijon, and Montpellier). The eligibility criteria were an age ≥ 65 years and not residing in an institution. All the participants were volunteers, and no financial payments were made. The inclusion period was from March 1999 to March 2001.

Data collection

The data collection procedures were the same at inclusion and at the 2-year, 4-year, 7-year, and 10-year follow-up. A specially trained psychologist filled in a general questionnaire and assessed cognitive performance, and a nurse completed the clinical health data. For driving data, a self-administered questionnaire was completed at inclusion. For the 2-year, 4-year, 7-year, and 10-year follow-up, a few questions about driving status were included in the general questionnaire filled in by the psychologist.

For subjects lost to follow-up, vital status was systematically investigated from birthplace municipal records. The study protocol was approved by the institutional review board of the Kremlin-Bicêtre University Hospital (Paris, France).

Diagnosis of dementia

The diagnosis of dementia was based on a 3-step procedure (The 3C Study Group, 2003). Trained

psychologists administered a battery of neuropsychological tests at baseline and at each follow-up examination. Further data were collected: basic and instrumental activities of daily living and severity of cognitive disorders. All the participants were examined by a neurologist at baseline. At follow-up, only the participants who were suspected of dementia on the basis of their neuropsychological performance were examined by the neurologist. Finally, an independent committee of neurologists reviewed all potential prevalent and incident cases of dementia to obtain a consensus on the diagnosis and etiology according to the criteria from the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition (American Psychiatric Association (APA), 1994). This procedure, implemented at each follow-up, enabled an *a posteriori* 2-year pre-dementia phase to be determined as a time period, that is, the subject did not have dementia at one follow-up but was diagnosed with dementia at the next follow-up (2.6 years later on average).

Cognitive evaluation

Among the neuropsychological tests conducted at each follow-up, the mini-mental state examination (MMSE) (Folstein *et al.*, 1975) and the trail making test part B (TMT-B) (Reitan, 1958) were used in this paper in order to describe the cognitive level of the demented drivers. The MMSE is a test of global cognitive level that evaluates orientation (place and time), attention, memory, arithmetic, language, and visual construction (range 0–30). In the TMT-B, the subject is asked to connect numbers (from 1 to 13) and letters (from A to L) alternatively in ascending order as quickly as possible. The time taken to complete the test and the number of correct transitions were recorded. In this study, the time per correct transition was analyzed as a measure of treatment speed in a test of executive function.

Demographic and socioeconomic factors

Sociodemographic information included living arrangement (alone or not) and education level. No schooling or a primary school level education was considered to be equivalent to 0 to 5 years of schooling, a secondary level education was considered to be equivalent to 6 to 11 years of schooling and a university level education was considered to be equivalent to 12 or more years of schooling.

Driving status and age at driving cessation

Whether the subject had a driver's license was recorded at inclusion. Driving status (active driver or not) and age at cessation were recorded in all the questionnaires at inclusion and at each follow-up.

Statistical analysis

All the analyses were performed for male and female subjects separately. For the cohort as a whole, driving status was described at inclusion. For demented participants, a figure described their driving status at inclusion, at diagnosis and after diagnosis.

The probability of driving cessation according to age was assessed for male and female active drivers with survival curves. The impact of sex on the cessation process was then analyzed for the 2-year pre-dementia phase and after dementia diagnosis. For this analysis, pre-demented subjects were free of Parkinson's disease, stroke, and cerebral trauma that induced ≥ 24 h of lost consciousness. In order to define the 2-year pre-dementia phase as a time period, participants who were not examined before diagnosis of dementia were excluded from these analyses.

The cessation probability of participants in the 2-year pre-dementia phase was compared with that of participants without central nervous system (CNS) pathology during follow-up. The cessation probability of incident demented subjects was assessed according to the interval (in years) between the age at diagnosis and the age at driving cessation, and between the age at diagnosis and the age at the end of follow-up for subjects who did not cease driving (Figure 1). For instance, an individual only surveyed 1 year after dementia diagnosis would be considered censored for subsequent years.

The various driving cessation probabilities with their 95% confidence intervals were assessed with Cox proportional hazards regression models with age as the time scale. The comparisons between the means of two groups (male versus female and drivers versus ex-drivers) were performed with Student *t*-tests. The analyses were conducted using SAS software version 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA).

Results

Characteristics of the population

The 3C-cohort study included 9294 drivers aged 65 years and older, comprised 3650 men and 5644 women. Among them, 7203 were licensed holders,

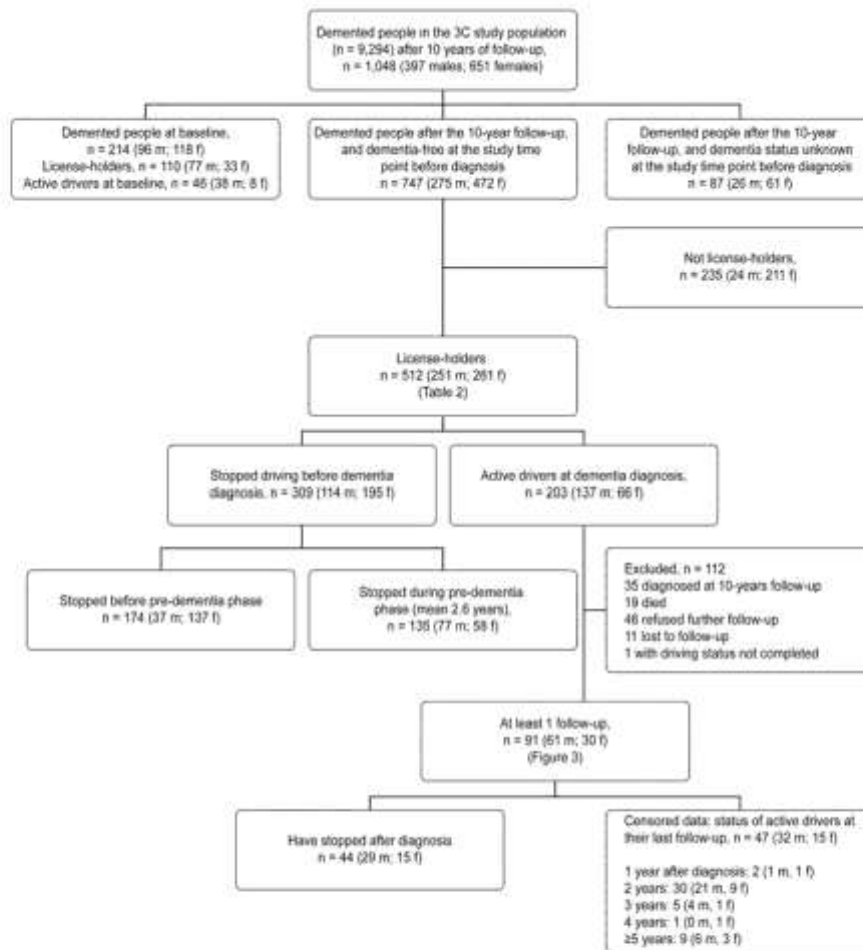


Figure 1 Demented people among the 3C study population

composed of 95.4% men and 65.9% women. The rates of active male and female drivers were strongly different; 91.2% of male license holders were drivers at inclusion compared with 67.2% of females [Table 1]. The rate of active driving fell with age in both men and women. This rate was 95.9% among men under 75 years of age, 91.5% among men aged 75 to 79 years, 77.9% among men aged 80 to 84 years and 57.1% among men aged over 85 years; among women, the proportions were 75.3%, 58.9%, 46.4%, and 19.7%, respectively.

Male ex-drivers were less educated, more likely to live alone and had lower cognitive scores than active male drivers. Female ex-drivers were also less educated and had lower cognitive scores than active female drivers.

Two hundred and fourteen of the 9294 subjects had dementia at inclusion: 96 female and 118 male subjects (Figure 1). Over the 10-year follow-up period, 747 cases of incident dementia were diagnosed (dementia-free status at the previous study time point), and among them, 512 were driver license holders

Table 1 Characteristics of license holders according to their driving status at inclusion, *n* = 7,203

	Ex-drivers %	Active drivers %	<i>p</i> -value
Men	<i>n</i> = 3088	<i>n</i> = 3174	
Age ^a , mean (SD)	79.3 (5.7)	73.5 (5.1)	<0.001
Education ^b (%)			0.001
0 to 5 years	41.4	32.9	
6 to 11 years	24.8	26.3	
≥12 years	33.9	40.8	
Living arrangement ^c , (% alone)	21.8	13.4	<0.001
MMSE ^d score, mean (SD)	26.0 (3.0)	27.4 (1.9)	<0.001
TMT-B ^e score, mean (SD)	11.5 (12.2)	5.9 (5.5)	<0.001
Women	<i>n</i> = 1220	<i>n</i> = 2501	
Age ^a , mean (SD)	75.5 (5.9)	72.5 (4.5)	
Education ^b (%)			<0.001
0 to 5 years	39.2	30.1	
6 to 11 years	35.6	35.0	
≥12 years	25.2	34.9	
Living arrangement ^c , (% alone)	47.3	49.1	0.3
MMSE ^d score, mean (SD)	27.2 (2.2)	27.6 (1.8)	<0.001
TMT-B ^e score, mean (SD)	7.7 (7.8)	5.2 (8.2)	<0.001

SD, standard deviation; MMSE, mini-mental state examination; trail making test part B, TMT-B.

^aAt inclusion.

^bNumber of years of schooling.

^cTotal time divided by the number of correct transitions.

(68.5%). Among these license holders, 346 had a dementia of Alzheimer type, 59 had mixed dementia, 42 had vascular dementia, 22 had Parkinson's

dementia, and 20 had Lewy body dementia. The 23 other dementia patients had frontotemporal dementia (*n* = 6), progressive supranuclear palsy (*n* = 3), primary progressive aphasia (*n* = 1), herpes-related dementia (*n* = 1), dementia with normal pressure hydrocephalus (*n* = 2), dementia with a cerebral tumor (*n* = 1), meningioma and hydrocephalus (*n* = 1), psychiatric dementia (*n* = 1), corticobasal dementia (*n* = 1), and alcohol-related dementia (*n* = 1).

Driving cessation in male and female subjects aged 65 years and older

There were 5254 drivers that were followed up at least once over the 10-year study period. They had a mean age of 72.9 years (standard deviation; SD = 4.9 years), and 54.7% were males. A total of 85.9% were free of dementia and other CNS pathologies over the 10 years of follow-up.

The probability of driving cessation increased strongly with age in both men and women (Figure 2). Female subjects showed a higher probability of driving cessation than male subjects at all ages (*p* < 0.001). By the age of 85, more than half of the female subjects who drove at inclusion had ceased to drive compared with one third of male subjects.

Driving status at diagnosis of dementia

Three hundred and nine (60.0%) of the 512 demented license holders had already ceased driving before the diagnosis, with 2.2 times more women than men

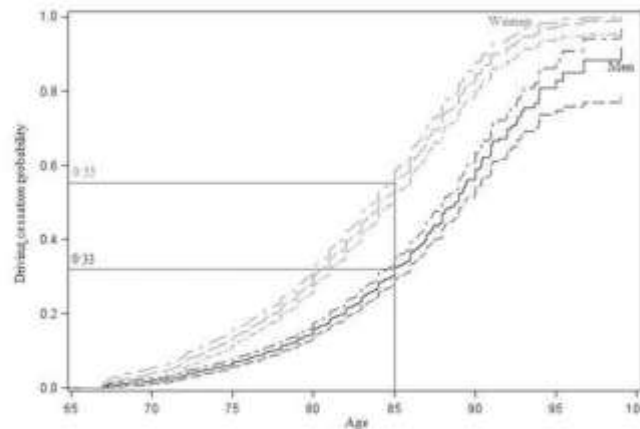


Figure 2 Probability of driving cessation according to age in men and women (CI 95%)

(74.7% and 45.4%, respectively) (Figure 1). Among both male and female demented subjects, those who drove at diagnosis were younger, were more frequently diagnosed with Alzheimer's disease than other types of dementia and had better MMSE scores than those who had ceased driving (Table 2).

Driving cessation in the pre-dementia phase

Among the 309 demented people who had stopped driving before diagnosis, 43.7% had ceased during the 2-year pre-dementia phase (mean = 2.6 years), and 56.3% ceased before this phase (Figure 1); among men, the respective rates were 67.5% and 32.5%; and

among women, the rates were 29.7% and 70.3%, respectively. Most women had stopped driving before the 2-year pre-dementia phase because the average time between the age at driving cessation and the age at dementia diagnosis was 4.1 years (SD = 2.5 years) for females versus 2.5 years (SD = 2.0 years) for males.

The probability of cessation in the 2-year pre-dementia phase increased more strongly with age than for those without a CNS pathology in both men and women (Figure 3). This probability was higher in female subjects than in male subjects at all ages; the probability of cessation by the age of 85 years was 0.78 in female subjects with pre-dementia and 0.53 in male subjects with pre-dementia.

Table 2 Characteristics of license holders according to their driving status at dementia diagnosis, $n = 512$

	Ex-drivers %	Active drivers (%)	<i>p</i> -value
Men, $n = 251$	$n = 114$	$n = 137$	
Age ^a , mean (SD)	84.7 (5.8)	80.2 (5.1)	<0.001
Education ^b (%)			0.4
0 to 5 years	38.6	45.9	
6 to 11 years	24.6	24.4	
≥12 years	36.8	29.6	
Living arrangement ^c , (% alone)	20.2	13.9	0.2
Dementia ^d (%)			<0.001
Alzheimer	49.1	77.4	
Mixed dementia	16.7	11.7	
Vascular dementia	16.7	4.4	
Parkinson dementia	9.7	1.5	
Lewy body dementia	4.4	1.5	
Other	3.4	3.7	
MMSE ^e score, mean (SD)	22.1 (3.4)	23.3 (2.7)	0.01
TMT-B ^f score, mean (SD)	16.9 (12.5)	17.3 (20.6)	0.9
Women, $n = 261$	$n = 195$	$n = 66$	
Age ^a , mean (SD)	83.9 (5.5)	79.4 (4.7)	<0.001
Education ^b (%)			0.5
0 to 5 years	41.1	46.2	
6 to 11 years	30.5	32.3	
≥12 years	28.4	21.5	
Living arrangement ^c , (% alone)	54.5	51.5	0.7
Dementia ^d (%)			<0.001
Alzheimer	65.6	84.9	
Mixed dementia	10.8	4.6	
Vascular dementia	8.2	1.5	
Parkinson dementia	4.6	0.0	
Lewy body dementia	6.2	1.5	
Other	4.6	7.6	
MMSE ^e , mean (SD)	21.9 (4.0)	22.4 (2.1)	<0.001
TMT-B ^f , mean (SD)	19.5 (13.5)	16.5 (12.6)	0.1

MMSE, mini-mental state examination; trail making test part B, TMT-B.

^aAt dementia diagnosis.

^bNumber of years of schooling.

^cTotal time divided by the number of correct transitions.

Driving cessation according to the interval (in years) after diagnosis

This assessment was performed on the 91 subjects, composed of 61 male and 30 female subjects, with incident dementia who were still driving at the time of diagnosis and were followed up at least once after diagnosis (Figure 1). One hundred and twelve subjects with dementia were not included in this analysis: 35 were diagnosed at the 10-year follow-up (last follow-up, precluding analysis); 19 died; 46 refusing further follow-up; 11 were lost to follow-up; and 1 failed to report driving status. Compared with the 91 subjects with dementia driving at diagnosis and with at least 1 follow-up, those who were not included in this analysis were slightly older at diagnosis (mean = 80.6 years, SD = 4.6 years vs. mean = 79.2 years, SD = 5.3 years; $p = 0.04$) and had lower MMSE scores at the time of diagnosis (mean = 22.5, SD = 2.6, vs. mean = 23.5, SD = 2.4; $p = 0.01$).

Twenty-nine of the 61 males ceased driving during follow-up, and 32 were active drivers at their last follow-up exam and were censured at that exam (11 deaths). Fifteen of the 30 female subjects ceased driving during follow-up, and 15 were active drivers at their last follow-up exam and were censured at that exam (1 death).

Among male subjects, the probability of driving cessation was 0.26 (95% confidence interval; CI: 0.15–0.36) within 1 year of diagnosis of dementia, 0.41 (95% CI: 0.24–0.54) within 3 years and 0.63 (95% CI: 0.40–0.77) within 5 years compared with 0.27 (95% CI: 0.10–0.41), 0.46 (95% CI: 0.21–0.63), and 0.64 (95% CI: 0.28–0.82), respectively, among females (Figure 4).

Gender, the age at diagnosis, the type of dementia, educational level, lifestyle, and MMSE and TMT-B

Driving cessation in pre-dementia and dementia phases

7

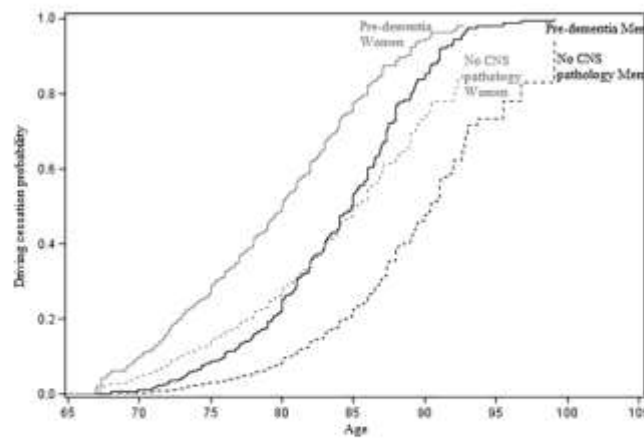


Figure 3 Probability of driving cessation according to pre-dementia status

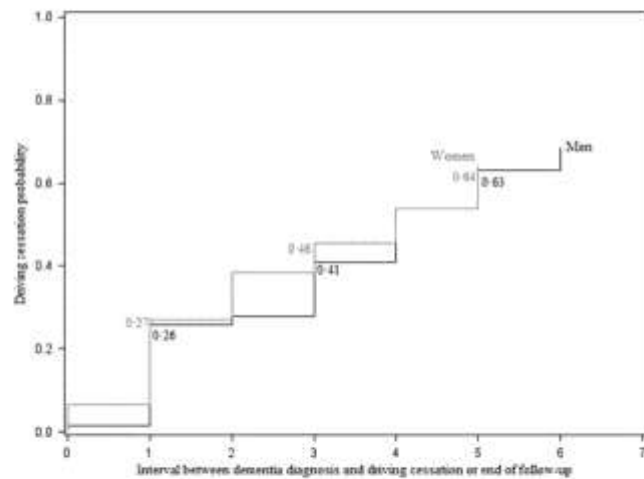


Figure 4 Probability of driving cessation after diagnosis of dementia in men (n = 61) and women (n = 30)

scores were compared between the 23 demented participants who were still driving 3 years after diagnosis and the 36 participants who had stopped driving within 3 years. The proportion of Alzheimer-type dementia was significantly higher in subjects driving 3 years after the diagnosis than in subjects who stopped driving within 3 years (100% vs. 69.4%; $p = 0.003$). No other differences were significant; however, some tendencies included that those who were still driving 3 years after diagnosis were younger and

had a better speed of treatment performance in the TMT-B test.

Discussion

In 2000, in a population of almost 10,000 older people living at home with a mean age of 74 years, the proportion of active drivers was 61%, with twice as many men as women. Among subjects driving at inclusion,

the probability of driving cessation during follow-up significantly increased with age and was higher in female subjects. Male and female subjects in the 2-years pre-dementia phase ceased driving earlier than drivers with no CNS pathology. The gender effect on driving cessation was still present; in this phase, female subjects ceased driving earlier than male subjects. This accounts for the difference in rates of driving at the time of diagnosis between male and female license holders: 55% and 27%, respectively. In contrast, the gender effect disappeared after diagnosis, because the probability of cessation within 3 years was very similar in male and female subjects (0.41 and 0.46, respectively).

The modulation of the age effect on driving cessation by gender confirms the literature data (Anstey *et al.*, 2006; Chipman *et al.*, 1998; Choi *et al.*, 2012; Freund and Szinovacz, 2002; Lafont *et al.*, 2008; Marie Dit Assé *et al.*, 2014; Ross *et al.*, 2009a; Sims *et al.*, 2011; Unsworth *et al.*, 2007). Cultural and social factors may explain this gender effect (Choi *et al.*, 2013); culturally, a car is a symbol of speed, youth and masculinity, which may encourage highly masculinized use of motor vehicles (Siren and Hakamies-Blomqvist, 2005). Other authors suggest that women may be more inclined to admit deterioration in their driving performance and to change their habits (D'Ambrosio *et al.*, 2008; Siren and Meng, 2013).

The originality of the present results lies in its assessment of the probability of driving cessation from the 2-year pre-dementia phase to 5 years after diagnosis. It is important to note that pre-dementia affected the age of driving cessation in both men and women but even more in women. Concerning this gender effect in the pre-dementia phase, we had already shown a greater rate of driving restriction among women than among men in a subsample of this population restricted to the Bordeaux area (Marie Dit Assé *et al.*, 2014). The present findings resulted in a higher rate of active drivers at diagnosis among men than among women, with a sex-ratio of 2.2. The literature also reports a gender effect on driving cessation at diagnosis of dementia. Herrmann *et al.* found a sex-ratio of approximately 2 for active drivers in an early dementia population that was slightly younger than the present cohort (mean = 77 years) (Herrmann *et al.*, 2006). Seiler *et al.* reported a lower sex-ratio of approximately 1.4 in a slightly younger early dementia population (mean = 74 years) (Seiler *et al.*, 2012).

After diagnosis, studies that used survival curves to study gender effects, similar to the present study, confirmed the absence of a gender-related difference. Herrmann *et al.* found a cessation probability of 0.72 3 years after diagnosis with no significant gender

differences (Herrmann *et al.*, 2006). In a retrospective study, Gilley *et al.* found a cessation probability of 0.60 3 years after the first signs of dementia also with no significant gender differences (Gilley *et al.*, 1991).

Among the number of drivers who presented with dementia in this study, it is noteworthy that very few continued to drive 3 years after the diagnosis, and they all had a diagnosis of Alzheimer's disease. This may be due to differences in cognitive profiles because patients with dementia of Alzheimer type present more profound memory deficits but less executive function and treatment speed deficits than most other dementia types (Dong *et al.*, 2013; Levy and Chelune, 2007) in which the ability to drive is certainly more profoundly affected even in the first stages. Gilley *et al.* also found that Alzheimer patients continued to drive for more years than those with other dementia syndromes (Gilley *et al.*, 1991). We did not find a higher performance of treatment speed in our study; only a slight tendency was found, which is consistent with the literature. In a clinical context, it is nevertheless necessary to follow the evolution of cognitive performances of demented patients who continue to drive. In most countries, there exists legislation on the driving of demented persons. However, as underlined by Carter *et al.*, 'all worldwide legislation has a propensity to recommend that a diagnosis of dementia alone is not adequate enough to withdraw an individual's license to drive' (Carter *et al.*, 2015). The authors propose guidance for how to address driving cessation in dementia. In the case where the license holder decides to cease driving, he or she should be accompanied during the mobility transition. If he wants to continue to drive, then he is directed to the driver and vehicle licensing agency to undergo a procedure with the doctor in order to decide whether the patient is fit to drive. In France, where the doctors have to inform their patients but not the legal authorities, a short cognitive protocol has been developed to help doctors to detect cognitive deficits that may affect driving safety and to counsel their patients (Fabrigoule *et al.*, 2012).

One of the main results of this study is the high rate of driving cessation in the 2 years preceding dementia diagnosis and even before. It is possible that some of these persons intuitively sense cognitive changes. It is possible that some of these persons intuitively sense cognitive changes through slight deterioration of instrumental activities of daily living demonstrated at this stage (Barberger-Gateau *et al.*, 1999). Regarding driving, the progressive cognitive decline induces more driving discomfort (Meng and Siren, 2012) and more driving stress (Hakamies-Blomqvist and Wahlstrom, 1998), leading to self-regulation of driving, including cessation.

Several strengths and limitations should be stressed about the present study. Our findings were based on a large cohort whose main objective was to study the relationship between vascular factors and dementia. Consequently, one weakness was that the present analysis had limited information about driving habits, that is, whether they were an active driver or not, age and main reason for driving cessation (personal, medical or other). These reasons were not precise enough to know whether the stop was self or medically imposed, and no information about alternative methods of transportation was available. Another limitation of the study was that all the participants lived in middle-size cities of France with public transport, which may influence the decision to cease driving. Consequently, the high rate of cessation observed in our study may better reflect the reality of driving cessation in urban areas rather than the population as a whole. Additionally, the small number of subjects with dementia followed up after diagnosis, leading to an imprecise estimation of cessation probability, especially 5 years after diagnosis. Furthermore, the information provided to subjects at diagnosis about the impact of the disease on driving capacity was not known. A strength, however, was the examination for dementia at each follow-up in all participants, thus allowing the identification of undiagnosed cases by their usual medical doctor. Hence, the present findings are probably more representative of driving cessation in the population than most clinical samples.

Conclusion

The present study showed that few demented subjects continue to drive after diagnosis and that the majority, especially among women, cease driving in the years before the diagnosis. Demented subjects who were still driving at diagnosis were younger, had better global performance and more frequently had a diagnosis of Alzheimer's disease than another type of dementia. Those who continued to drive 3 years after the diagnosis all had a dementia of Alzheimer type. There is certainly a need for physicians to help these drivers to adapt their driving activity to their deficits and to prepare them to stop.

Acknowledgements

The 3C study was conducted under a partnership agreement between the Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale and the University

Bordeaux 2 Victor Segalen and Sanofi-Aventis. The Fondation pour la Recherche Médicale funded the preparation and initiation of the study. The 3C study was also supported by the Caisse Nationale Maladie des Travailleurs Salariés, Direction Générale de la Santé, MGEN, Institut de la Longévité, Conseils Régionaux d'Aquitaine et Bourgogne, Fondation de France, Ministry of Research-INSERM Programme 'Cohortes et collections de données biologiques', Agence Nationale de la Recherche ANR PNRA 2006 and LongVie 2007, and the 'Fondation Plan Alzheimer' (FCS 2009–2012). The funding source had no involvement in our work.

Sponsor's Role

None.

Author contributions

All the authors contributed significantly to the work. Fabrigoule and Lafont contributed to the analysis strategy, interpreted the results and revised the work critically for important intellectual content. Laumon revised the manuscript critically for important intellectual content. Helmer, Berr, Auriacombe, and Rouaud contributed to the acquisition of the data and revised the manuscript. Marie dit Assé contributed to the analysis, interpreted the data, and drafted the article.

This manuscript has not been published, considered for publication, or sent to be considered for publication elsewhere. I state on behalf of all the authors that all potential conflicts of interests have been disclosed.

Conflict of interest

None declared.

Key-points:

- In the 2-year pre-dementia phase, both male and females ceased driving earlier than drivers with no CNS pathology.
- The probability of cessation within 3 years after diagnosis was similar between men and women.
- All the subjects who continued to drive 3 years after their diagnosis had Alzheimer-type dementia
- We provided an imprecise estimation of cessation probability 3 and 5 years after the diagnosis due to a small number of subjects

References

- Adrian J, Postal V, Moessinger M, Rasche N, Charles A. 2011. Personality traits and executive functions related to on-road driving performance among older drivers. *Accid Anal Prev* 43: 1652–1659.
- American Psychiatric Association (APA). 1994. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. American Psychiatric Association: DC.
- Amieva H, Jacquin-Gadda H, Orgogozo JM, et al. 2005. The 9 year cognitive decline before dementia of the Alzheimer type: a prospective population-based study. *Brain* 128: 1095–1101.
- Amieva H, Lafont S, Auzaicombe S, et al. 1998. Analysis of error types in the trail making test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *J Clin Exp Neuropsychol* 20: 280–285.
- Anstey KJ, Horswill MS, Wood JM, Hatherly C. 2012. The role of cognitive and visual abilities as predictors in the Multifactorial Model of Driving Safety. *Accid Anal Prev* 45: 766–774.
- Anstey KJ, Windlor TD, Luszcz MA, Andrews GR. 2006. Predicting driving cessation over 5 years in older adults: psychological well-being and cognitive competence are stronger predictors than physical health. *J Am Geriatr Soc* 54: 121–126.
- Anstey KJ, Wood J, Lord S, Walker JG. 2005. Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clin Psychol Rev* 25: 45–65.
- Barberger-Gateau P, Fabrigoule C, Rouch I, Letenneur L, Dartigues JF. 1999. Neuropsychological correlates of self-reported performance in instrumental activities of daily living and prediction of dementia. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 54: P293–303.
- Carr DB, Duchek JM, Meuser TM, Morris JC. 2006. Older adult drivers with cognitive impairment. *Am Fam Physician* 73: 1029–1034.
- Carter K, Monaghan S, O'Brien J, et al. 2015. Driving and dementia: a clinical decision pathway. *Int J Geriatr Psychiatry* 30: 210–216.
- Chipman ML, Payne J, McDonough P. 1998. To drive or not to drive: the influence of social factors on the decisions of elderly drivers. *Accid Anal Prev* 30: 299–304.
- Choi M, Adams KB, Kahana E. 2013. Self-regulatory driving behaviors: gender and transportation support effects. *J Women Aging* 25: 104–118.
- Choi M, Merik B, Lohman MG, Edwards JD, Rebok GW. 2012. Gender and racial disparities in driving cessation among older adults. *J Aging Health* 24: 1364–1379.
- D'Ambrosio LA, Donorfio LE, Coughlin JK, Molyde M, Meyer J. 2008. Gender differences in self-regulation patterns and attitudes toward driving among older adults. *J Women Aging* 20: 265–282.
- Dickerson AE, Molnar LJ, Eby DN, et al. 2007. Transportation and aging: a research agenda for advancing safe mobility. *Gerontologist* 47: 578–595.
- Dong Y, Gan DZ, Tay SZ, et al. 2013. Patterns of neuropsychological impairment in Alzheimer's disease and mixed dementia. *J Neural Sci* 333: 5–8.
- Fabrigoule C, Clément J, Coquillat A, Laumon B, Lafont S. 2012. Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors. *La revue de Gériatrie* 37: 707–718.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. 1975. "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 12: 189–198.
- Freund B, Szinovacz M. 2002. Effects of cognition on driving involvement among the older old: variations by gender and alternative transportation opportunities. *Gerontologist* 42: 821–835.
- Gilley DW, Wilson RS, Bennett DA, et al. 1991. Cessation of driving and unsafe motor vehicle operation by dementia patients. *Arch Intern Med* 151: 941–946.
- Hakamies-Blomqvist L, Wahlstrom B. 1998. Why do older drivers give up driving? *Accid Anal Prev* 30: 325–332.
- Hasher L, Stoltzfus ER, Zacks RT, Rypma B. 1991. Age and inhibition. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 17: 163–169.
- Herrmann N, Rapoport MJ, Sambrook R, et al. 2006. Predictors of driving cessation in mild-to-moderate dementia. *CMAJ* 175: 591–595.
- Higgins KE, Wood JM. 2005. Predicting components of closed road driving performance from vision tests. *Optom Vis Sci* 82: 647–656.
- Jacquin-Gadda H, Fabrigoule C, Commenge D, Dartigues JF. 1997. A 5-year longitudinal study of the mini-mental state examination in normal aging. *Am J Epidemiol* 145: 498–506.
- Kawas CH, Corrada MM, Brookmeyer R, et al. 2003. Visual memory predicts Alzheimer's disease more than a decade before diagnosis. *Neurology* 60: 1089–1093.
- Lafont S, Laumon B, Helmer C, Dartigues JF, Fabrigoule C. 2008. Driving cessation and self-reported car crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 21: 171–182.
- Levy JA, Chelune GJ. 2007. Cognitive-behavioral profiles of neurodegenerative dementia: beyond Alzheimer's disease. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 20: 227–238.
- Man-Son-Hing M, Marshall SC, Molnar FL, Wilson KG. 2007. Systematic review of driving risk and the efficacy of compensatory strategies in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 55: 878–884.
- Marie-Dit-Asse L, Fabrigoule C, Helmer C, Laumon B, Lafont S. 2014. Automobile driving in older adults: factors affecting driving restriction in men and women. *J Am Geriatr Soc* 62: 2071–2078.
- Meng A, Siren A. 2012. Cognitive problems, self-rated changes in driving skills, driving-related discomfort and self-regulation of driving in old drivers. *Accid Anal Prev* 49: 322–329.
- Parasuraman R, Haxby JV. 1993. Attention and brain function in Alzheimer's disease: a review. *Neuropsychology* 7: 242–272.
- Rajan KB, Wilson RS, Weave J, Barnes LL, Evans DA. 2015. Cognitive impairment 18 years before clinical diagnosis of Alzheimer disease dementia. *Neurology* 85: 898–904.
- Reitan RM. 1958. Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills* 8: 271–276.
- Ross LA, Anstey KJ, Kiely KM, et al. 2009a. Older drivers in Australia: trends in driving status and cognitive and visual impairment. *J Am Geriatr Soc* 57: 1868–1873.
- Ross LA, Clay DJ, Edwards JD, et al. 2009b. Do older drivers at-risk for crashes modify their driving over time? *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 64: 163–170.
- Salthouse TA, Meina EJ. 1995. Aging, inhibition, working memory, and speed. *J Gerontol* 50: P297–306.
- Seiler S, Schmidt H, Lechner A, et al. 2012. Driving cessation and dementia: results of the prospective registry on dementia in Austria (PRODEM). *PLoS One* 7: 26.
- Sims RV, Mujib M, McGwin G Jr, et al. 2011. Heart failure is a risk factor for incident driving cessation among community-dwelling older adults: findings from a prospective population study. *J Gen Int* 17: 1035–1040.
- Siren A, Hakamies-Blomqvist L. 2005. Sense and sensibility. A narrative study of older women's car driving. *Transport Res Part F: Traffic Psych Behaviour* 8: 213–228.
- Siren A, Meng A. 2013. Older drivers' self-assessed driving skills, driving-related stress and self-regulation in traffic. *Transport Res Part F: Traffic Psych Behaviour* 17: 88–97.
- Stutte JC. 1998. Do older drivers with visual and cognitive impairments drive less? *J Am Geriatr Soc* 46: 854–861.
- The 3C Study Group. 2003. Vascular factors and risk of dementia: design of the three-city study and baseline characteristics of the study population. *Neuroepidemiology* 22: 316–325.
- Tuokko HA, McGee P, Gabriel G, Rhodes RE. 2007. Perception, attitudes and beliefs, and openness to change: implications for older driver education. *Accid Anal Prev* 39: 812–817.
- Unsworth CA, Wells Y, Browning C, Thomas SA, Kendig H. 2007. To continue, modify or relinquish driving: findings from a longitudinal study of healthy aging. *Gerontology* 53: 423–431.
- Wu TY, Chie WC, Liu JP, et al. 2015. Association of quality of life with laboratory measurements and lifestyle factors in community dwelling older people in Taiwan. *Aging Ment Health* 19: 548–559.

[A55]

Accident Analysis and Prevention 96 (2016) 249–254



Contents lists available at ScienceDirect

Accident Analysis and Prevention

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aap

The role of navigation instruction at intersections for older drivers and those with early Alzheimer's disease



Laurence Paire-Ficout^{a,*}, Claude Marin-Lamellet^a, Sylviane Lafont^b,
Catherine Thomas-Antérion^c, Bernard Laurent^d

^a Ifsttar-TS2-Lescot, Bron, France

^b Ifsttar-TS2-Ubrexotte, Bron, France

^c Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EMC), EA3082, Université Lyon 2, Bron, France

^d Service de neurologie, Hôpital nord, Saint-Etienne, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 7 April 2015

Received in revised form 6 July 2016

Accepted 11 August 2016

Available online 20 August 2016

Keywords:

Aging

Alzheimer's disease

Left turn maneuver

Navigation instruction

Cognitive decline

ABSTRACT

Aims: Our purpose was to explore the effect of navigation instruction on older drivers' driving performance at left turn intersections. Left turns at intersections are particularly complex because they require many perceptive and cognitive abilities under considerable time pressure.

Methods: Fifty-four participants were recruited: 18 drivers with early-stage Alzheimer's disease (AD), 18 neurologically healthy older drivers and 18 younger individuals. Various cognitive processes were measured, and 9 left turn maneuvers with or without navigation instruction were evaluated during an in-traffic road test. The psychomotor, planning and decision-making components involved in left turn were also analyzed closely.

Results: Only older drivers (both healthy drivers and those with AD) were negatively affected by navigation instruction during the maneuver. The planning and decision-making components were more likely to be affected by the navigation instruction.

Conclusion: This finding highlights the importance of carefully considering the use of navigation instructions when developing navigation systems. Adapting this instruction is necessary to simplify our understanding of the real-world driving environment and to avoid increasing the cognitive load of older drivers.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

For some authors, the accident risk for older drivers with Alzheimer's disease (AD) has been shown to be higher than that for older drivers without a neurological disease (Friedland et al., 1988; Cooper 1990; Drachman and Swearer 1993; Tuokko et al., 1995; Dubinsky et al., 2000; Dubinsky and Stein 2002). For others, higher risk has not been observed (Carr et al., 2000; Lafont et al., 2008) probably because AD drivers significantly reduce their driving activity compared to healthy drivers (Foley et al., 2000;

Setler et al., 2012; Marje Dit Asse et al., 2014). However, AD drivers, even at an early stage of disease, exhibit cognitive and perceptual declines that impair their ability to drive. Speed processing is generally affected (Perry and Hodges 1999; Tales et al., 2002; Storandt and Beaudreau 2004; Tales et al., 2004), and patients might also show difficulty preparing for rapidly occurring events and maintaining preparation over time (Sylvain-Roy et al., 2010). This slower processing could delay the time needed to process sensory inputs, to determine safe courses of action, and to implement those actions in a driving context (Rizzo et al., 2001). The declining driving performance may also result from a decline in selective attention (Duchek et al., 1997; Biellauskas et al., 1998; Duchek et al., 1998), reduced visuospatial attention (Rizzo et al., 2001; Uc et al., 2004; Grace et al., 2005), or executive dysfunction (Szyk et al., 2002; Grace et al., 2005; Whelihan et al., 2005; Lafont et al., 2010).

Advanced driver assistance systems (ADAS) and in-vehicle information systems (IVIS) have been designed to compensate for age-related weaknesses (Baldwin 2002; Caird et al., 2008; Gelau et al., 2011; Dotzauer et al., 2013). Instructions that are delivered

* Corresponding author at: Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar), Transport Santé Sécurité (TS2), Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (Lescot), Cité des Mobilités, 25, Avenue François Mitterrand Case 24, 69675 Bron Cedex, France.

E-mail addresses: laurence.paire-ficout@ifsttar.fr (L. Paire-Ficout), claudemar.lamellet@ifsttar.fr (C. Marin-Lamellet), sylviane.lafont@ifsttar.fr (S. Lafont), c.thomas-antierion@orange.fr (C. Thomas-Antérion), bernard.laurent@chu-st-etienne.fr (B. Laurent).

Table 1
Demographic characteristics of the three groups.

	Younger drivers (n = 18)	Healthy older drivers (n = 18)	Drivers with Alzheimer's disease (n = 18)
Sex			
males/females	12/6	13/5	16/2
Age in (sd)	32.0 (6.8)	74.5 (5.4)	72.7 (4.8)
min-max	23–45	67–83	65–82
Education level			
0–5 years	–	7	5
6–10 years	7	7	7
More than 10 years	4	4	6

by an in-vehicle navigation system (such as GPS) provide up-to-date traffic information that is designed to improve car safety and lighten the cognitive load of drivers while maneuvering. Baldwin (2002) provided evidence of the difficulties that older drivers face when performing navigational tasks while simultaneously maintaining safe control of motor vehicles.

The objective of the present study is to complement “ecological data” with an in-traffic driving investigation particularly focusing on left turns at intersections. It is also to improve knowledge of techniques used to guide older drivers during left turn negotiation and the impact of oral instructions on driving behavior. The hypothesis is that following complex navigations increases the cognitive load during left turn maneuvers and thus especially affects the driving performance of AD and healthy older drivers. This topic is particularly interesting to study given the study of Eby et al. (2012) showing that their early-stage dementia group was significantly more likely to become lost than the control group (Eby et al., 2012).

2. Method

The first step consisted of cognitive assessment, and the second of an in-traffic road evaluation. The study was approved by the Hsttar biomedical ethical committee. Informed consent was signed by all participants.

2.1. Participants

Fifty-four active drivers with a valid driver's license who drove at least 3000 km per year participated in the study. They formed 3 groups: 18 younger drivers, 18 healthy older individuals, and 18 older individuals with early-stage AD (Table 1). Patients were recruited sequentially if they had been diagnosed with early-stage AD based on a complete evaluation conducted by clinicians at the Bellevue Hospital Neuropsychological Center in Saint-Etienne (France). The clinical diagnosis of AD was based on the DSM-IV criteria (American Psychiatric Association, 1994) and the NINCDS-ADRDA criteria (McKhann et al., 1984). All patients had a cerebral scanner without iodine and a biological checkup. The exclusion criteria were physical, neurological and ophthalmological disorders that could impair driving abilities.

2.2. Cognitive evaluation

A battery of pencil-paper and computerized attentional tests was administered to all participants. The tests were chosen to reflect different components of cognitive processes that should be related to driving abilities and should potentially concern AD patients; these tests recorded both time and accuracy performance. The administered pencil-paper tests included a global cognitive function test (Mini-Mental State Evaluation, MMSE), a verbal fluency task (Isaac Set Test), a visuospatial perception and working

memory test (Benton Visual Retention Test used in recognition, BVRT), a selective attention test (Zazzo's Cancellation Test, ZCT), and a visuo-attentional speed test (Wechsler Digit Symbol Substitution Test, WDSST). Some attentional tests from a computerized attentional battery created by Amieva were also administered: a single reaction time test; a stop signal test in which participants had to touch a target on the screen unless a sound signal was emitted after the display of a visual signal; two inhibition tests, which included a go/no-go test in which participants had to touch a specified target and not react to other targets and the Stroop test, a double task in which participants had to simultaneously perform a visual rotation task and make a semantic judgment; and a finger tapping test, in which participants had to tap a key as rapidly as possible for 60 s (Amieva et al., 2000).

2.3. The vehicle and the left turn situation

Driving was assessed in a vehicle with a manual gearbox and dual controls. The car was equipped with four mini-video cameras placed in different locations to provide four views: (1) road in front (2) road behind (3) full view of the driver (4) view of the driver's face. For both groups of older participants, all road tests were conducted by the same professional driving instructor (seated on the front passenger seat), who provided directions to the participants and ensured that the vehicle's safety was maintained. The driving instructor (but not the experimenter who sat in the back seat) was unaware of the clinical diagnosis of the drivers. Each subject was observed on the same route through the city center and suburbs of Saint-Etienne in daylight. The road test took approximately 45 min and included the most common driving situations (e.g., stop signs, traffic lights, right turns and left turns at intersections, entering and exiting an interstate highway, changing lanes, merging into traffic). For the purpose of this study, nine left turns at intersections were considered: two of these turns were protected by traffic lights, two had a stop sign, and five involved no signs. The subjects drove in moderate traffic during mid-morning or mid-afternoon. Before driving the experimental route, all subjects had 20 min to familiarize themselves with the vehicle.

2.4. Driving evaluation

The experimenter recorded driving performance in real time and used video recordings after the road test to check the performance coding if needed. He assessed the participants' driving performance based on 10 predetermined actions that the drivers were expected to perform for each of the 9 left turns (e.g., slow down, control the mirror, use turn signals, see Ranchet et al., 2013; for a comparable assessment methodology) (Ranchet et al., 2013). One point was given if the action was correct, and zero were given if the action was not made or was inappropriate. A mean total score was calculated for each participant. A second qualitative analysis was made to categorize the actions into three types of skills:

Table 2
Cognitive performance of younger, healthy older and Alzheimer's drivers (n = 54).

	Younger drivers (n = 18)	Age effect Healthy older drivers (n = 18)	p-value	AD effect Drivers with Alzheimer's disease (n = 18)	p-value
Time measures (s) m (sd)					
ZCT time	42.6 (7.8)	63.9 (16.1)	<0.001	86.7 (25.3)	<0.001
Simple reaction time	0.73 (0.30)	1.11 (0.75)	<0.001	1.19 (0.68)	0.2
Stroop interference time	0.75 (0.22)	1.10 (0.41)	<0.001	1.36 (0.71)	0.003
Stop signal time (no-go trial)	0.59 (0.68)	0.93 (1.12)	0.002	1.27 (1.04)	0.31
Go/no-go time (no-go trials)	0.81 (0.21)	1.14 (0.45)	<0.001	1.30 (0.84)	0.1
Rotation time (double task)	1.42 (0.44)	2.34 (0.75)	<0.001	2.78 (0.86)	0.001
Speed measures m (sd)					
IST	8.6 (1.4)	7.6 (1.6)	0.002	5.7 (1.2)	<0.001
DSST	63.4 (8.4)	40.5 (9.2)	<0.001	24.4 (8.9)	<0.001
Finger tapping	92.7 (14.6)	72.6 (15.6)	<0.001	62.9 (17.2)	0.02
Accuracy measures m (sd)					
MMSE	29.2 (1.1)	29.3 (0.9)	0.3	26.7 (1.9)	<0.001
BVRT	14.0 (1.3)	12.9 (1.6)	0.01	9.8 (2.3)	<0.001
ZCT	28.7 (0.6)	27.8 (2.4)	0.06	27.4 (2.9)	0.4
Stop signal (stop trial)	4.1 (2.7)	6.1 (1.3)	0.01	5.4 (3.8)	0.2
Go/no-go (no-go trials)	6.1 (1.0)	5.9 (1.2)	0.03	5.7 (1.8)	0.5
Stroop interference	45.8 (3.5)	47.9 (1.4)	0.01	45.4 (4.5)	0.053
Rotation (double task)	23.5 (1.2)	22.5 (2.2)	0.06	16.6 (3.8)	<0.001

Nonparametric: Wilcoxon two-sample tests.

Time measures: ZCT time = time to finish the first eight lines of Zazzo's Cancellation Test; simple reaction time = time per correct response (30 trials); Stroop interference time = mean vocal time per correct response (49 stimuli); stop signal = time per correct response (22 stimuli with stop signal); go/no-go time = time per correct response (22 stimuli go); and rotation time in double task = time per correct response (24 trials).

Speed measures: IST = number of correct responses given in 15 s on the Isaac Set Test; DSST = number of successes in 60 s on the Digit Symbol Substitution Test; and finger tapping = for 7 trials per hand, mean number of instances of manual pressure on a computer key in 60 s.

Accuracy measures: MMSE = number of correct responses to Mini-Mental State Examination (30 items); BVRT = number of correct responses to the Benton Visual Retention Test (15 figures); ZCT = number of correct responses (8 lines); stop signal = number of inhibitory responses (8 stimuli with the stop signal); go/no-go = number of correct responses (8 no-go stimuli); Stroop interference = number of correct responses (40 stimuli); and rotation in double task = number of correct responses (24 trials).

1. **planning skills** included adapting one's speed, looking in the mirror to verify the traffic behind the vehicle, using turn signals before the left turn, positioning before turning left and selecting the correct line, and assessing the traffic on the road in front of the vehicle (other vehicle, pedestrians); 2. **motor skills** included coordinating the clutch and accelerator and applying an appropriate turning trajectory (not too wide and not cutting the corner); and 3. **decision-making skills** involved understanding the intentions of other drivers, stopping when a vehicle is too close on the opposite line (gap rejection), and making the left turn (good decision).

For five left turns (simple), the navigation instructions were "at the next intersection, turn left". For four intersections (complex), the navigation instructions were "at the next intersection, follow the direction of downtown" or "of the hospital." For the latter, drivers needed to find information in the environment by themselves; the attentional demand was higher.

2.5. Statistical analysis

Wilcoxon tests were used to compare the cognitive performance of healthy older drivers and younger drivers (age effect) and the performance of healthy older participants and AD participants (disease effect). A mean left turn score was calculated for the 10 predetermined actions of the 9 left turns. A two-way analysis of variance was conducted to examine the left turn scores of the participants, with left turn instructions (simple, complex) as the within-subjects factor and with the group (younger, healthy older and AD patients) as the between-subjects factor. Additional ANOVAs were conducted for each separate skill type: motor, planning and decision-making skills.

Pearson correlations were used to establish which cognitive tests were correlated with the left turn scores. In these analyses, all older participants were analyzed together (n = 36), and the younger group was considered separately (n = 18). To determine which tests were the best predictors of left turn performance according to age

group and left turn complexity, four stepwise regressions were conducted: (1) older drivers with a simple left turn, (2) older drivers with a complex left turn, (3) younger drivers with a simple left turn, and (4) younger drivers with a complex left turn. All statistical analyses were performed using the PASW Statistics 21 software.

3. Results

3.1. Cognitive performance

The results of the cognitive tests are presented in Table 2.

3.1.1. Age effect

The older drivers were significantly slower than the younger subjects on all tests. However, the faster responses of younger subjects were associated with lower accuracy on the Stroop and stop signal tests. The younger participants performed significantly better than the older subjects on the BVRT, WDST, finger tapping test and Isaac Set Test.

3.1.2. Disease effect

The AD participants were slower than healthy volunteers in the 5 reaction time measures. The difference between the healthy older and AD groups was significant for the Zazzo's Cancellation Test, the Stroop interference test and the double task. Compared with the healthy, the AD participants performed worse on the following tests: MMSE, BVRT, WDST, Isaac Set Test, the double task and the finger tapping test. The performance of the AD participants on the double task was substantially lower than that of the healthy older drivers. The difference between the two groups was close to significance for the Stroop interference test (p = 0.053).

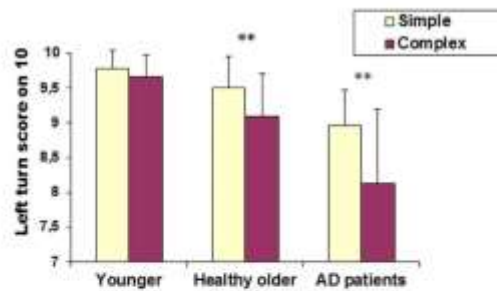


Fig. 1. Driving performance according to group and left turn instruction.

Table 3

Mean percentage of correct actions (and standard deviation) according to the three different components (psychomotor, planning and decision-making skills) and the three groups (younger, healthy older and AD patients) and left turn instructions (simple vs. complex).

	Younger	Healthy older	AD patients
Psychomotor			
Simple instruction	96 (19)	85 (9)	75 (24)
Complex instruction	97 (16)	79 (9)	70 (16)
Planning			
Simple instruction	91 (11)	94 (7)	86 (8)
Complex instruction	90 (12)	88 (8)	78 (14)
Decision making			
Simple instruction	96 (7)	97 (4)	88 (10)
Complex instruction	94 (9)	93 (11)	75 (15)

3.2. Driving performance

The two-way ANOVA indicated a significant group effect, $F(2,51) = 37.990$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.38$. The left turn scores were higher in the younger group than in the AD group, $F(1,34) = 69.57$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.45$, and higher in the younger group than in the healthy older group, $F(1,34) = 15.875$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.17$. However, no significant difference was recorded between the healthy older and AD patients. The navigation instruction significantly affected left turn performance; the left turn scores were significantly poorer when the instruction was complex, $F(1,51) = 6.322$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.18$. The interaction between the group and navigation instruction was significant, $F(2,51) = 3.544$, $p = 0.033$, $\eta^2 = 0.30$. Fig. 1, both the healthy older and AD drivers were affected by the complex instruction, $F(1,34) = 5.458$, $p = 0.026$, $\eta^2 = 0.14$ and $F(1,34) = 9.740$, $p = 0.004$, $\eta^2 = 0.22$, respectively, whereas the younger group was not.

Performance on each of the 10 left turn actions was examined according to the three different skill types (Table 3). The two-way ANOVA for psychomotor skills indicated a significant group effect, $F(2,51) = 19.993$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.28$. The left turn scores were higher in the healthy older group than in the AD group, $F(1,34) = 42.439$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.37$, and were higher in the younger group than in the healthy older group, $F(1,34) = 4.000$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.22$, and the AD patient group, $F(1,34) = 4.754$, $p = 0.033$, $\eta^2 = 0.064$. The results for the navigation instruction and the interaction between group and navigation instruction were not significant.

The two-way ANOVA for planning skills showed a significant group effect, $F(2,51) = 7.471$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.12$. The left turn scores were higher in the healthy older group than in the AD group, $F(1,34) = 15.199$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.18$, and higher in the younger group than in the AD group, $F(1,34) = 4.088$, $p = 0.047$, $\eta^2 = 0.055$. However, the difference between healthy older and younger drivers was not significant, $F(1,34) = 2.286$, $p = 0.13$, $\eta^2 = 0.032$. The nav-

igation effect was significant, $F(1,51) = 0.041$, $p = 0.96$, $\eta^2 = 0.001$; scores were higher in the simple than in the complex condition. The interaction between the group and navigation instruction was not significant.

The last ANOVA, which concerns decision-making skills, showed a significant group effect, $F(2,51) = 21.002$, $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.26$. The left turn scores were higher in the healthy older group than in the AD group, $F(1,34) = 22.969$, $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.25$, and were higher in the younger group than in the AD group, $F(1,34) = 22.969$, $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.25$. However, no significant difference was recorded between healthy older and younger drivers, $F(1,34) = 0.0$, $p = 1$, $\eta^2 = 0.0$. The navigation instruction variable was significant, $F(1,51) = 10.495$, $p = 0.002$, $\eta^2 = 0.065$, with higher performance in the simple than in the complex instruction. Finally, the interaction between group and navigation instruction was also significant, $F(1,51) = 3.471$, $p = 0.035$, $\eta^2 = 0.018$, indicating that only AD patients were significantly affected by the complex instruction (AD patients: $F(1,51) = 22.969$, $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.25$, healthy older drivers: $F(1,51) = 2.354$, $p = 0.13$, $\eta^2 = 0.065$, and younger drivers: $F(1,51) = 0.246$, $p = 0.623$, $\eta^2 = 0.007$).

3.3. Relationship between cognitive functioning and left turn performance

For the older group (healthy and AD together), simple left turns were significantly correlated with the time measure of Zazzo's Cancellation Test ($r = -0.45$, $p = 0.009$), MMSE ($r = 0.44$, $p = 0.02$) and DSST ($r = 0.43$, $p = 0.02$); complex left turns were correlated only with DSST ($r = 0.41$, $p = 0.02$). For the younger group, simple left turns were significantly correlated with the time measure of Stroop interference ($r = -0.48$, $p = 0.04$) and with the MMSE ($r = 0.65$, $p = 0.003$), and complex left turns were correlated with Zazzo's Cancellation Test accuracy ($r = 0.52$, $p = 0.03$).

4. Discussion

The present study aimed to determine to what extent navigation instruction affected driving performance at left turn intersections in young, healthy older and Alzheimer disease drivers.

4.1. Navigation task at left turn intersections

The results showed poorer performance at left turn intersections among healthy older and AD drivers than among younger drivers. This result confirms previous studies indicating that the predominant problem among older drivers is negotiating intersections (Staplin et al., 1997; Staplin et al., 2001). Second, we showed that the gap between older and younger drivers increased when the left turns were complex (i.e., when drivers must search for their direction while simultaneously executing the maneuver). The demand of the navigation task increased the cognitive load during the maneuver and affected the performance of both AD and healthy older drivers but did not affect younger drivers. Other authors recently showed a same adverse effect of navigation instructions. Older drivers made more errors while performing concurrent secondary navigation tasks compared to baseline driving when they were not performing secondary tasks (Forrest et al., 1997). They also specified that drivers with neurological diseases made more safety errors particularly during navigation.

Second, a more detailed analysis that differentiated actions based on psychomotor skills, planning skills or decision-making skills provided additional interesting results. For the psychomotor skill component, we observed a group effect indicating that older drivers (healthy and AD) were more affected than younger drivers in terms of psychomotor features such as "coordinating

clutch/accelerator" and "turning trajectory". The fact that older drivers expressed greater difficulties in psychomotor coordination is not surprising, as their reduced strength, flexibility and range of body motion (Forrest et al., 1997). However, we did not observe any interaction between the group and navigation instruction variables. Thus, these psychomotor difficulties were not more apparent in situations of complex left turns when the cognitive load is greater. Therefore, this psychomotor effect is a more specific age-related effect that is independent of the cognitive component. For actions related to planning skills, we recorded both group and navigation instruction effect. The results showed that planning difficulties were specifically observed in those with AD, whose scores were significantly lower than the scores of younger and healthy older drivers. In general, the complex navigation instruction affected drivers' planning actions but did not have a particular effect on one group (no interaction). Interestingly, decision-making skills appear to be disease related, as demonstrated by the significant interaction between group and navigation instruction: indeed, AD patients were more affected by complex navigation instructions than the other two groups when performing left turns. This result is consistent with the literature indicating that AD patients tend to make more random decisions and do not adapt their strategies in decision-making tasks (Delazer et al., 2007).

This finding highlights the importance of carefully considering the navigation instructions when developing navigation systems. Such instruction must be correctly adapted to simplify drivers' assessment of the environment and to avoid increasing the cognitive load of older drivers. Because of this population's difficulties negotiating left turn intersections, all of their attentional resources should be oriented toward these maneuvers. The driving assistance system should reduce this cognitive load and facilitate decision making for drivers negotiating left turns. Advanced automotive technologies such as in-vehicle route guidance and navigational displays have the potential to improve safety and mobility if designed in accordance with the sensory/cognitive abilities of older drivers.

4.2. Slowing down and time pressure during left turn maneuvers

As expected and consistent with the literature, in the current study, healthy older people were cognitively slower than younger drivers, and AD participants were slower than healthy older drivers. All three speed measures (IST, DSST, and finger tapping) were affected by both age and the presence of disease. These tasks are conducted in a context of strong temporal pressure; they must be performed as rapidly as possible (both speed and accuracy are required). These instructions create conditions that are similar to those that prevail at left turn intersections under strong time pressure (Rizzo et al., 2001; Caird and Hancock, 2002). Indeed, drivers must select relevant information; interpret roadway situations; develop a plan; assess current traffic information; and use the accelerator, brakes and steering controls appropriately. Finally, all of these actions must be performed within a short period of time because aspects of traffic can change rapidly and because a driver located in a vehicle behind the individual negotiating the intersection may be impatient.

Other studies have also highlighted the importance of the time factor for older drivers negotiating intersections. For example, in an analysis of detailed accident data, Van Eslande (2003) showed that slow decision making and action are responsible for a considerable proportion of the mistakes involving older drivers at intersections (Van Eslande, 2003). In particular, research on left turn and gap acceptance decisions has revealed that older drivers (aged 70 and above) are generally slower and make more errors than younger drivers do. Likewise, Caird et al. (2005) showed that age and time

are significant predictors of decision performance at left turn intersections.

Another finding for older drivers merits some discussion. The data from the stop signal and Stroop interference tests conformed to the classical speed-accuracy tradeoff described by Salthouse (1985). Although the older drivers in this study were slower than the younger drivers, they were also more accurate. We can speculate about how this speed-accuracy tradeoff applies to the driving situation and what form it takes in practice, particularly at an intersection. It would be logical that such a tradeoff may help older drivers maintain general driving skills: older drivers make relatively few driving errors that place them at severe risk and are generally not involved in more road traffic accidents (Hakamies-Blomqvist et al., 2002), but they also drive at considerably reduced speed. This form of compromise aims to guarantee both their ability to travel and their safety. It is also a form of adaptation and acceptance of their own limitations (Hakamies-Blomqvist 1994; Gabaude et al., 2010).

In sum, the general slowing of older drivers can have consequences for their driving performance at left turn intersections. Slow performance at intersections can result in hazardous conflicts. The hesitancy and lower speeds of AD and older drivers may confuse other drivers at intersections (Hakamies-Blomqvist, 1994) and may result in dangerous situations. However, this slowing can also be considered as a form of regulation to maintain driving activity and autonomy. The question remains as to how can we help older drivers and reduce difficulties for them. We can hypothesize that older drivers can make good use of driving assistance systems, particularly those that are developed to reduce left turn conflicts at intersections. Dotzauer et al. (2013) recently showed that an intersection assistant facilitates changes in both the driving performance and driving behaviors of older drivers. Driving with ADAS in a simulator tended to improve intersection crossing, as intersections were crossed with higher speeds and smaller risk, indicating a reduced time to contact (TTC). Further studies are needed to determine what type of processes should be prioritized to reduce the difficulties and risks for older drivers at left turn intersections (e.g. select information, prepare actions, and estimate the speed of vehicles driving in the other direction, make decisions). Regardless of the process selected, it must be considered that older drivers require more time to react, to prepare action, and to make decisions; thus, the time variable is crucial. Instructions should be given in a manner that enables older drivers to have sufficient time to process information and adapt their behavior.

5. Conclusion

This finding highlights the importance of carefully considering the use of navigation instructions when developing navigation systems. Adapting this instruction is necessary to simplify our understanding of the real-world driving environment and to avoid increasing the cognitive load of older drivers.

Acknowledgements

The authors would like to thank Stephanie Dirson and Judith Kerleroux for the cognitive evaluation. We would also like to thank DSCR (Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière), which supported this study.

References

- American Psychiatric Association, A., 1994. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. APA, Washington.
- Amieva, H., Rouch-Leroyer, I., Fabrigoule, C., Dartigues, J.F., 2000. Deterioration of controlled processes in the preclinical phase of dementia: a confirmatory analysis. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* 11 (1), 46–52.

- Baldwin, C., 2002. Designing in-vehicle technologies for older drivers: application of sensory-cognitive interaction theory. *Theor. Issues Ergon. Sci.* 3 (4), 307–329.
- Beliuskas, I.A., Roper, B.R., Trobe, J., Lacy, M., 1998. Cognitive measures, driving safety, and alzheimer's disease. *Clin. Neuropsychol.* 12 (2), 206–212.
- Cain, J.K., Hancock, P.A., 2002. Left turn and gap acceptance accidents. In: R.E.D.R.O. (ed.), *Human factors in traffic safety. Lawyers & Judges*, Tucson, pp. 591–640.
- Cain, J.K., Chisholm, S.L., Lockhart, J., 2008. Do in-vehicle advanced signs enhance older and younger drivers' intersection performance? Driving simulation and eye movement results. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 66 (3), 132–144.
- Carr, D.B., Duchek, J., Morris, J.C., 2000. Characteristics of motor vehicle crashes of drivers with dementia of the alzheimer type. *J. Am. Geriatr. Soc.* 48 (1), 18–22.
- Cooper, P.J., 1990. Differences in accident characteristics among elderly drivers and middle-aged drivers. *Accid. Anal. Prev.* 22 (5), 499–508.
- Delazer, M., Sinz, H., Zamarian, L., Benke, T., 2007. Decision-making with explicit and stable rules in mild alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 45 (8), 1622–1641.
- Dotzauer, M., Caljouw, S.R., De Waard, D., Brouwer, W.H., 2013. Intersection assistance: a safe solution for older drivers? *Accid. Anal. Prev.* 59 (10), 522–528.
- Drachman, D.A., Swearer, J.M., 1993. Driving and alzheimer's disease: the risk of crashes. *Neurology* 43 (12), 2448–2456.
- Dubinsky, R.M., Stein, A.C., 2002. Practice parameter: risk of driving and alzheimer's disease (reply). *Neurology* 58, 695.
- Dubinsky, R.M., Stein, A.C., Lyons, K., 2000. Practice parameter: risk of driving and alzheimer's disease (an evidence-based review): Report of the quality standards subcommittee of the american academy of neurology. *Neurology* 54 (12), 2205–2211.
- Duchek, J.M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., Morris, J.C., 1997. The role of selective attention in driving and dementia of the alzheimer type. *Alzheimer Dis. Assoc. Disord.* 11 (Suppl. 1), 48–56.
- Duchek, J.M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., Morris, J.C., 1998. Attention and driving performance in alzheimer's disease. *J. Gerontol.* 53 (2), 130–141.
- Eby, D.W., Silverstein, N.M., Mohr, L.J., Leblanc, D., Adler, G., 2012. Driving behaviors in early stage dementia: a study using in-vehicle technology. *Accid. Anal. Prev.* 49, 330–337.
- Foley, D.J., Masaki, K.H., Ross, G.W., White, L.R., 2000. Driving cessation in older men with incident dementia. *J. Am. Geriatr. Soc.* 48 (8), 928–930.
- Forrest, K.-Z., Banker, C., Songer, T., Cohen, J., Cauley, J., 1997. Driving patterns and medical conditions in older women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 45, 1214–1218.
- Friedland, R.P., Koss, E., Kumar, A., Galne, S., Metzler, D., Hasby, J.V., Moore, A., 1988. Motor vehicle crashes in dementia of the alzheimer type. *Ann. Neurol.* 24 (6), 782–785.
- Gabaude, C., Marquie, J.-C., Orliez-Claudel, F., 2010. Self-regulatory driving behaviour in the elderly: relationships with aberrant driving behaviours and perceived abilities. In: *Travail Humain* 73 (1), 31–73.
- Gelan, C., Sreck, J., Dahmen-Zimmer, K., 2011. Effects of time pressure on left-turn decisions of elderly drivers in a fixed-base driving simulator. *Trans. Res. Part F* 14 (1), 76–86.
- Grace, J., Amick, M.M., D'abreu, A., Festa, E.K., Heindel, W.C., Ott, B.R., 2006. Neuropsychological deficits associated with driving performance in parkinson's disease and alzheimer's disease. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 11, 766–775.
- Hakamies-Blomqvist, L., Raitanen, T., O'Neill, D., 2002. Driver ageing does not cause higher accident rates per km. *Trans. Res. Part F* 5 (4), 271–274.
- Hakamies-Blomqvist, L., 1994. Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accid. Anal. Prev.* 26 (3), 107–112.
- Lafont, S., Laumon, B., Helmer, C., Dartigues, J.F., Fabrigoule, C., 2008. Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.* 21 (3), 171–182.
- Lafont, S., Marin-Lamellet, C., Paire-Ficout, L., Thomas-Anterion, C., Bernard, L., Fabrigoule, C., 2010. The wechsler digit symbol substitution test as the best predictor of unsafe driving in alzheimer disease and normal aging. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* 29, 154–163.
- Marie Dit Assé, L., Fabrigoule, C., Helmer, C., Laumon, B., Lafont, S., 2014. Automobile driving in seniors: factors affecting driving restriction in men and women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 62 (11), 2071–2078.
- Mckhann, G., Drachman, D.A., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., Stadlan, E., 1984. Clinical diagnosis of alzheimer's disease: report of the nincds-adlda work under auspices of the department of health and human services task force in alzheimer's disease. *Neurology* 34, 939–945.
- Perry, R.J., Hodges, J.R., 1999. Attention and executive deficits in alzheimer's disease. *Crit. Rev. Brain* 122 (Pt 3), 383–404.
- Rancher, M., Paire-Ficout, L., Uc, E.U., Bonnard, A., Sornette, D., Brousolle, E., 2013. Impact of specific executive functions on driving performance in people with parkinson's disease. *Mov. Disord.*
- Rizzo, M., Mcgehee, D.V., Dawson, J.D., Anderson, S.M., 2001. Simulated car crashes at intersections in drivers with alzheimer disease. *Alzheimer Dis. Assoc. Disord.* 15 (1), 10–20.
- Seller, S., Schmidt, H., Lechner, A., Benke, T., Sanin, G., Ramsayr, G., Lehner, R., Dal-Bianco, P., Sarter, P., Linortner, P., Eggers, C., Haider, B., Uranues, M., Marksteiner, J., Leblhuber, F., Kapeller, P., Bancher, C., Schmidt, R., 2012. Driving cessation and dementia: results of the prospective registry on dementia in austria (prodem). *PLoS One* 7 (12), 26.
- Staplin, L., Harkey, D.L., Locono, K.H., Tarawneh, M.S., 1997. *Intersection Geometric Design and Operational Guidelines for Older Drivers and Pedestrians*, pp. 1–17.
- Staplin, L., Locono, K., Harkey, D., 2001. *Highway design handbook for older drivers and pedestrians* (report no. FHWA-01-103). In: *Federal Highway Administration, U.D.O.T.* (ed.), Washington DC, USA.
- Storandt, M., Beaudrean, S., 2004. Do reaction time measures enhance diagnosis of early-stage dementia of the alzheimer type. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 19 (1), 119–124.
- Sylvain-Roy, S., Bherer, L., Belleville, S., 2010. Contribution of temporal preparation and processing speed to simple reaction time in persons with alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain Cogn.* 74 (3), 256–261.
- Szyk, J., Myers, L., Zhang, Y., Wetzel, L., Shapiro, R., 2002. Development and assessment of a neuropsychological battery to aid in predicting performance. *J. Rehabil. Res. Dev.* 39 (4), 483–496.
- Tales, A., Muir, J.L., Bayer, A., Snowden, R.J., 2002. Spatial shifts in visual attention in normal ageing and dementia of the alzheimer type. *Neuropsychologia* 40 (12), 2000–2012.
- Tales, A., Muir, J.L., Jones, R., Bayer, A., Snowden, R.J., 2004. The effects of saliency and task difficulty on visual search performance in ageing and alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 42 (3), 335–345.
- Tuokko, H., Tallman, K., Beattie, B.L., Cooper, P., Weir, J., 1995. An examination of driving records in a dementia clinic. *J. Gerontol.* 50 (3), S173–S177.
- Uc, E., Rizzo, M., Anderson, S.W., Shi, Q., Dawson, J.D., 2004. Driver route-following and safety errors in early alzheimer disease. *Neurology* 63, 812–817.
- Van Eslande, P., 2003. Elderly drivers errors. *Recherche Transports Sécurité* 81, 190–202.
- Whelihan, W.M., D'carlo, M.A., Paul, R.H., 2005. The relationship of neuropsychological functioning to driving competence in older persons with early cognitive decline. *Arch. Clin. Neuropsychol.* 20 (2), 217–228.

3. Protocole cognitif pour les médecins



université
de BORDEAUX



IFSTTAR

Université Claude Bernard



Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors

Le protocole a été élaboré à partir des résultats de deux études françaises chez des conducteurs âgés. Deux tests cognitifs ont été validés, l'un en lien avec le risque d'accident dans une étude épidémiologique (Lafont et al., 2008) et l'autre en lien avec la dangerosité de la conduite dans une étude expérimentale (Lafont et al., 2010). La faisabilité de ce protocole a été montrée chez 92 médecins généralistes tirés au sort en France dans une étude financée par l'ANR (Fabrigoule et al., 2012). Une synthèse des résultats de ces trois études est présentée dans un article de La Presse Médicale (Fabrigoule & Lafont, 2015).

Les normes proposées pour évaluer les performances des conducteurs sont issues des résultats aux tests cognitifs dans l'étude chez les médecins généralistes auprès de 541 conducteurs âgés de 70 ans et plus, et dans l'étude SAFE MOVE financée par l'ANR auprès de 1204 conducteurs âgés de 70 ans et plus (Lafont et al., 2015).

**Protocole proposé par Colette Fabrigoule (USR 3413 SANPSY CNRS/Université de Bordeaux)
et Sylviane Lafont (UMRESTTE IFSTTAR/Université Claude Bernard Lyon1)**

Mars 2016

Partie 1 : Protocole

Nom, Prénom : Date du jour :

Date de naissance : âge :

Plus haut diplôme obtenu : Sans diplôme / CEP CAP/BEP/Brevet BAC et +

Profession exercée le plus longtemps :

Combien de kilomètres conduisez-vous en voiture par semaine? km

Combien de fois utilisez-vous une voiture en tant que conducteur ?
 1 fois/mois ou moins 1 fois/semaine 2 à 3 fois/semaine presque tous les jours

Avez-vous accès aux commerces et services suivants sans prendre votre véhicule ?

- | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-----|--------------------------|-----|
| Boulangerie | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| Épicerie, supermarché | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| Pharmacie | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| Médecin | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |

Pour quelles raisons utilisez-vous votre voiture ?

	au moins 1 fois par semaine	occasionnellement ou jamais
pour rendre visite ou service à votre famille ou à vos amis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pour vous rendre à vos activités associatives ou de loisirs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pour faire vos courses, démarches administratives, etc...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Est-ce que, pour vous, conduire est une nécessité pour rester autonome ? non oui

Vous sentez-vous quelque fois en difficulté sur la route dans les situations suivantes ?

- | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Nuit | Fort trafic | Mauvais temps | Ville | Doublier | Route inconnue |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Se garer | Rond-point | Autoroute | Conduire seul | Gros carrefour | Autre |

Évitez-vous de conduire dans les situations suivantes ?

- | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Nuit | Fort trafic | Mauvais temps | Ville | Doublier | Route inconnue |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Se garer | Rond-point | Autoroute | Conduire seul | Gros carrefour | Autre |

- Avez-vous un problème de santé qui rend la conduite difficile ou pénible ? non oui
- Par rapport aux personnes de votre âge,
- avez-vous plus de mal à vous concentrer ? non oui
- pensez-vous avoir plus de difficultés à vous adapter à des événements imprévus ? non oui

Le patient a-t-il des antécédents :		
de traumatisme crânien ?	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
d'AVC ?	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Le patient présente-t-il une maladie neurologique connue :		
Parkinson ?	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Alzheimer ?	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Une autre maladie neurologique ?	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non

LES 4 IADL

Coder 0 ou 1 la réponse qui correspond le mieux aux capacités du patient

Utilisation du téléphone	
<i>Je me sers du téléphone de ma propre initiative, cherche et compose les numéros etc ...</i>	0
Je compose un petit nombre de numéros bien connus.	1
Je réponds au téléphone mais n'appelle pas.	
Je suis incapable d'utiliser le téléphone.	
Moyen de transport	
<i>Je peux voyager seul(e) et de façon indépendante (par les transports en commun, ou avec ma propre voiture)</i>	0
Je peux me déplacer seul(e) en taxi, pas en autobus.	
Je peux prendre les transports en commun si je suis accompagné(e).	1
Transport limité au taxi ou à la voiture, en étant accompagné(e).	
Je ne me déplace pas du tout.	
Prise de médicaments	
<i>Je m'occupe moi-même de la prise : dosage et horaire.</i>	0
Je peux les prendre de moi-même, s'ils sont préparés et dosés à l'avance.	1
Je suis incapable de les prendre de moi-même.	
Gestion du budget	
<i>Je suis totalement autonome (gérer le budget, faire des chèques, payer des factures).</i>	0
Je me débrouille pour les dépenses au jour le jour mais j'ai besoin d'aide pour gérer mon budget à long terme (pour planifier les grosses dépenses).	1
Je suis incapable de gérer l'argent nécessaire à payer mes dépenses au jour le jour.	

Total sur 4 : [___]

Consignes Trail Making A

Matériel nécessaire pour le test du Trail Making A : la feuille d'exemple, la feuille de test, un chronomètre

Exemple

« Sur cette feuille vous voyez des chiffres. Je vais vous donner un crayon et vous devrez relier les chiffres par ordre croissant à partir de 1, sans relever le crayon. Allez-y maintenant ».

Bien insister dans l'exemple sur la consigne, c'est à dire bien respecter l'ordre croissant et ne pas lever le crayon. Si la personne a des problèmes sur l'exemple, corriger les erreurs et redire de ne pas lever le crayon car le risque d'erreur est plus important lorsqu'on le lève.

Si la personne ne comprend pas la consigne sur la feuille d'exemple, ne pas passer au test.

TMT-A

« Vous voyez de nouveau sur cette feuille des chiffres. Je vais vous demander de faire la même chose à partir du chiffre 1 qui est ici sur la page, le plus vite possible, et sans faire d'erreurs. »

Si la personne est un peu perdue, l'aider sur les 4 premiers déplacements. Par la suite, ne plus aider. Si la personne fait des erreurs ne pas les signaler et ne pas les corriger

Codage

Pendant la passation :

- Noter **en clair** toute la séquence effectuée par la personne.
- Noter le **temps de passation** du test, même si la personne s'arrête au cours du test.

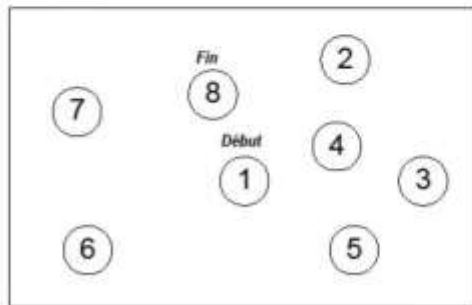
Après la passation :

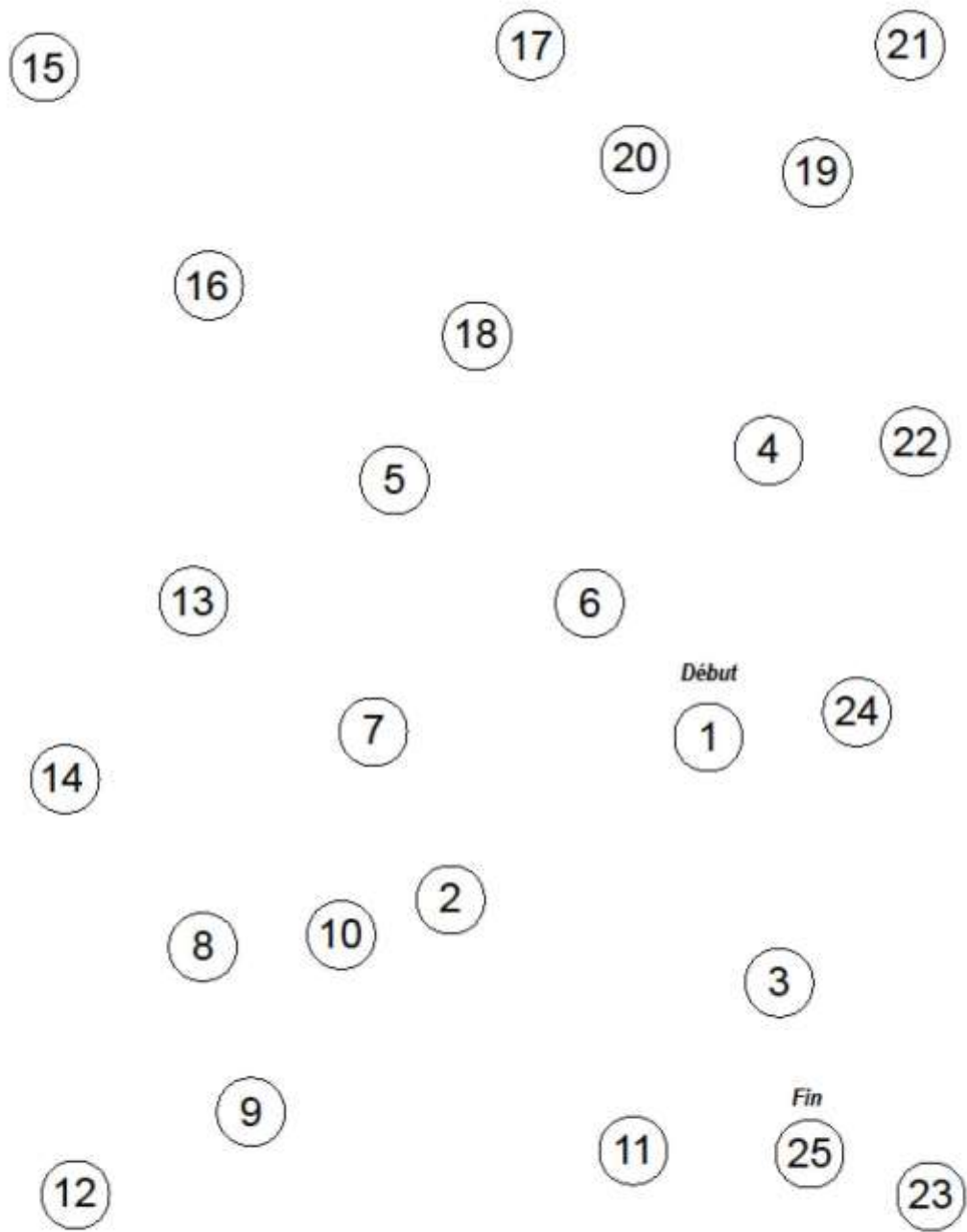
- noter le nombre **total de déplacements** et le nombre de **bons déplacements** : un bon déplacement est défini par une transition allant de 1 à 2, de 2 à 3, etc...

TRAIL MAKING

Part A

Sample





Trail Making A

Séquence en clair :

Temps total : secondes

Nombre total de déplacements : |_|_|

Rapport : temps total (sec) / nombre total de déplacements : |_|_|

Nombre de bons déplacements : |_|_|

Consignes Trail Making B

Matériel nécessaire pour le test du Trail Making B : la feuille d'exemple, la feuille de test, et un chronomètre.

Exemple

« Sur cette feuille vous voyez des chiffres et des lettres. Je vais vous donner un crayon et vous devrez relier les chiffres et les lettres en ordre croissant, en alternant entre chiffres et lettres. Vous allez relier le 1^{er} chiffre en commençant par 1 avec la première lettre de l'alphabet A puis le 2^{ème} chiffre avec la deuxième lettre de l'alphabet, ainsi de suite et sans relever le crayon. Allez-y maintenant ».

Bien insister dans l'exemple sur la consigne, c'est à dire bien respecter l'ordre croissant, l'alternance entre chiffres et lettres et ne pas lever le crayon. Si la personne a des problèmes sur l'exemple, corriger les erreurs et redire de ne pas lever le crayon car le risque d'erreur est plus important lorsqu'on le lève. Si la personne ne comprend pas la consigne sur la feuille d'exemple, ne pas passer au test.

TMT-B

« Vous voyez de nouveau sur cette feuille des chiffres et des lettres, en nombre plus important que sur l'exemple que vous venez de faire. Je vais vous demander de faire la même chose, c'est à dire de relier les chiffres et les lettres en ordre croissant en alternant entre chiffres et lettres, et toujours sans lever le crayon, à partir du chiffre 1 qui est ici sur la page, le plus vite possible, et sans faire d'erreurs ».

Si la personne est un peu perdue, l'aider sur les 4 premiers déplacements. Par la suite, ne plus aider. Si la personne fait des erreurs, ne pas les signaler et ne pas les corriger pendant la passation, mais si elle s'en aperçoit et qu'elle veut les corriger, la laisser revenir en arrière pour correction. Noter sur une feuille **toute** la séquence effectuée.

Enlever la feuille dès que la personne pense qu'elle a terminé, même si, à cause de ses erreurs, certains chiffres ou certaines lettres ne sont pas reliés. Si le sujet s'arrête au cours du test, noter le temps jusqu'à l'arrêt du test.

Codage

Pendant la passation :

Noter en clair toute la séquence effectuée par la personne.

Noter le **temps de passation** du test, même si la personne s'arrête au cours du test.

Après la passation :

- Compter le nombre **total de déplacements**
- Compter le nombre de **bons déplacements** = bons passages d'un item à l'autre. Les bons déplacements étant seulement les déplacements indiqués ci-dessous :

1 A A 2 2 B B 3 3 C C 4 4 D D 5 5 E E 6 6 F F 7 7 G G 8
 8 H H 9 9 I I 10 10 J J 11 11 K K 12 12 L L 13

- Souligner et compter les erreurs de **persévération** : **absence d'alternance** entre les lettres et les chiffres.
 1 A A 2 2 B B 3 3 C C D D 4 4 E E 5 5 6 6 F...

On ne comptera pas une persévération lorsque le patient revient sur un déplacement pour corriger une erreur.

1 A A 2 2 B B 3 3 C C D D C C 4 4 D
 Persévération comptée Persévération non comptée

- Ne pas compter plusieurs fois un même bon déplacement (le nombre de bons déplacements ne peut pas dépasser 24) :

Exemple : 1-A-2-B-3-C-D-E-3-C-4-D-5-E-6-F-7-G-8-H-9-I-10-J-11-K-12-L-13

Codage : 2 persévérations, 24 bons déplacements (3-C est compté une seule fois), 28 au total.

Autres exemples de codage :

1-A-2-B-3-C-3-D-4-E-5-F-6-G-7-H-8-I-9-J-10-K-11-L-12-13

Codage : 0 persévération, 5 bons déplacements, 27 au total.

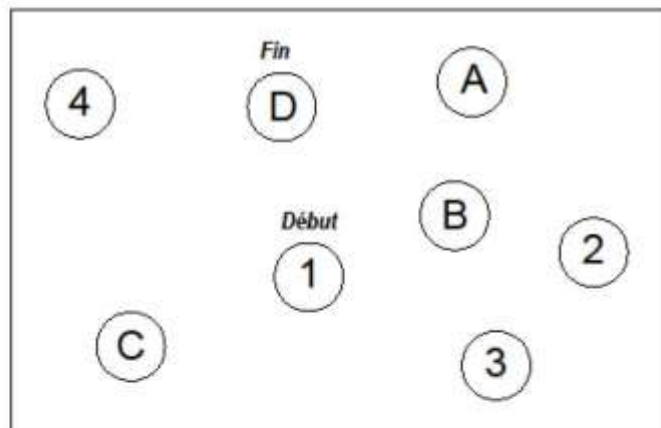
1-A-2-B-3-C-4-D-5-E-6-F-7-G-8-H-9-9-10-K-11-L-12-13

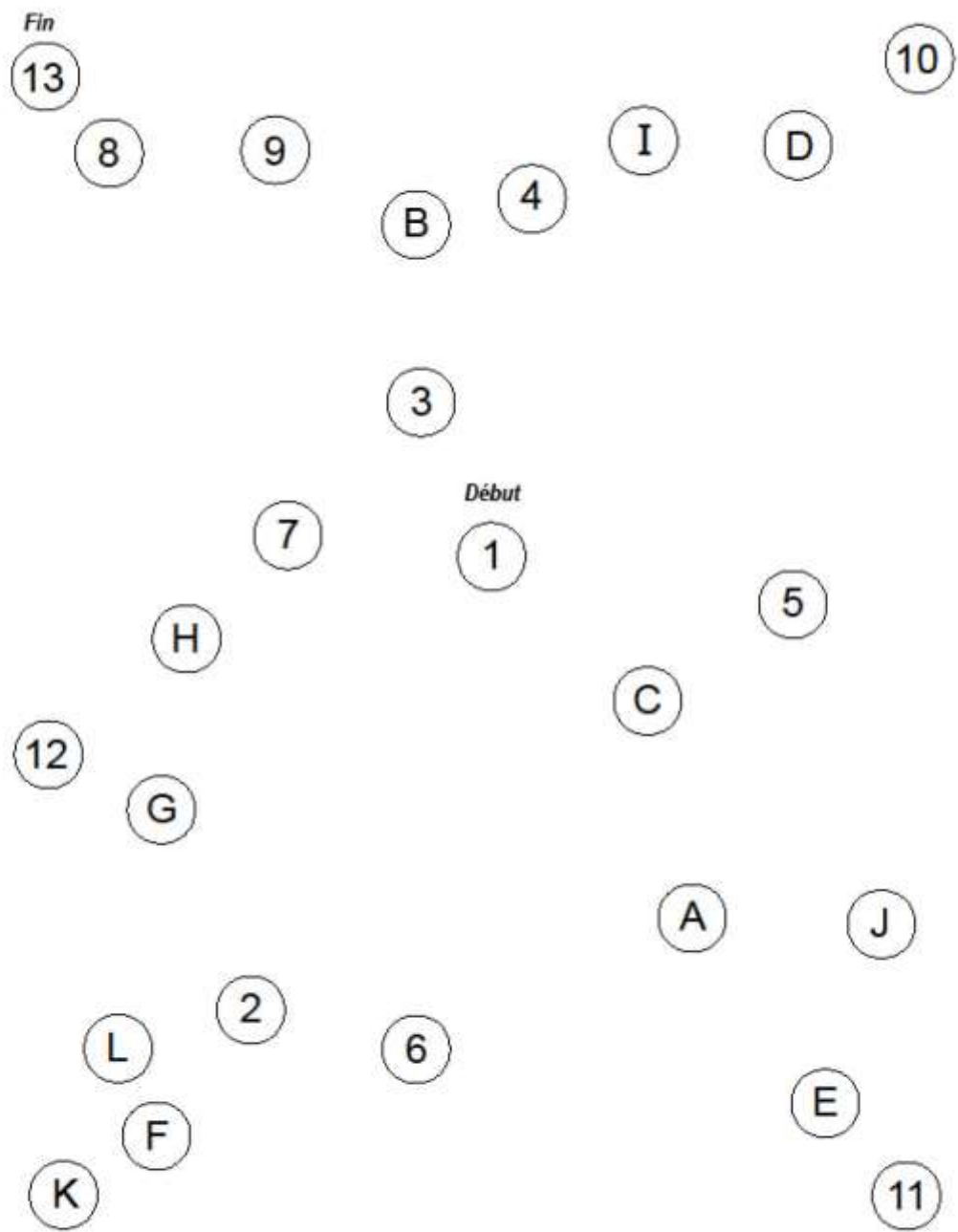
Codage : 1 persévération, 17 bons déplacements, 24 au total.

TRAIL MAKING

Part B

Sample





Trail Making B

Séquence en clair :

Temps total : secondes

Nombre total de déplacements : |_|_|

Rapport : temps total (sec)/nombre total de déplacements : |_|_|

Nombre de bons déplacements : |_|_|

Nombre de persévérations : |_|_|

Consignes du test des codes de Wechsler

« Regardez bien, vous voyez ici, les cases supérieures sont remplies de chiffres de 1 à 9 (passer le doigt sur les cases supérieures) et les cases inférieures sont remplies de signes (passer le doigt sur les cases inférieures). »

« Vous voyez ici, les cases supérieures sont remplies de chiffres de 1 à 9 (passer le doigt sur les cases supérieures) et les cases inférieures sont vides (passer le doigt sur les 3 premières rangées de cases inférieures). »

« Je vais vous demander de remplir les cases inférieures avec les signes correspondants : ainsi au 2 correspond ce signe (dessiner le signe dans la case inférieure), au 1 correspond ce signe et au 3, ce signe (remplir les 3 premières cases). »

« Maintenant, remplissez les cases inférieures jusqu'à cette ligne (barrer d'un trait la ligne indiquant la limite de l'exemple). »

Lorsque le sujet a terminé l'exemple, corrigez les fautes si nécessaire puis dites : « maintenant, je vais vous demander de remplir le plus de cases possible en 90 secondes. Vous ne devez pas sauter de cases et lorsque vous terminez une ligne, passez à la suivante. »

Dites : « Allez-y ».

Démarrez le chronomètre dès que le sujet commence à écrire.

Lorsque les 90 secondes sont écoulées, dites « Stop ».

Codage :

Vérifier que les signes rapportés sont corrects.

Compter le nombre de bons signes et le nombre de mauvais signes

Test des codes de Wechsler

Nombre de bons signes	_ _ _
-----------------------	-------

Nombre de mauvais signes	_ _ _
--------------------------	-------

Partie 2 : Normes et éléments d'interprétation des tests

Échelle des 4 IADL

Cette échelle permet de repérer d'éventuels changements dans la capacité à effectuer des activités « instrumentales » de la vie quotidienne (Instrumental Activities of Daily Living, IADL). Les activités instrumentales sont celles qui nécessitent le plus le recours à des processus cognitifs de haut niveau comme l'initiative et la planification.

L'échelle d'activités instrumentales de la vie courante de Lawton (Lawton et Brody 1969) dans sa version courte (Barberger-Gateau et al. 1993) se compose des 4 items utilisables chez l'homme comme chez la femme : utilisation du téléphone, des moyens de transport, prise des médicaments, gestion du budget. Ils explorent l'autonomie ou le degré de dépendance du sujet par rapport à ces 4 activités de la vie quotidienne qui sont très liées à différentes fonctions cognitives et particulièrement à la vitesse de traitement attentionnelle (Barberger-Gateau et al. 1999).

La cotation est basée sur les réponses du patient et/ou en tenant compte de l'avis de la personne vivant au quotidien avec lui. Cet avis est particulièrement nécessaire en cas de doute sur la fiabilité des réponses du patient. Pour coder chacun des 4 items, on utilise un codage binaire 0 ou 1 :

- Code 0 : autonome : tout item que le sujet peut effectuer sans aucune gêne ou sans aucune aide.
- Code 1 : partiellement dépendant ou dépendant : tout item que le sujet ne peut effectuer complètement seul ou ne peut pas réaliser.

Un score variant de 0 à 4 a été construit en additionnant le nombre d'items pour lesquels il existe une dépendance.

La perte d'une activité instrumentale par rapport aux capacités antérieures traduit un retentissement significatif des troubles cognitifs. La dépendance acquise pour plusieurs activités instrumentales de la vie quotidienne est hautement corrélée au risque d'être déjà atteint d'une démence. Les travaux de l'étude PAQUID ont montré que pour 84 % des personnes dépendantes pour 3 ou 4 des 4 activités évaluées, un diagnostic de démence pouvait être posé dans l'année (Barberger-Gateau et al. 1993).

Seuil proposé :

En dehors de son utilité pour la détection de la démence, un score supérieur ou égal à 3 sera donc considéré ici comme une manifestation d'une altération cognitive pouvant avoir des répercussions sur la conduite.

Le test du Trail making A et B (Reitan 1965)

Il s'agit d'un test très répandu en neuropsychologie, comprenant deux parties :

- dans la partie A, des chiffres de 1 à 25 sont disposés sur une feuille et la personne doit les relier avec un crayon dans l'ordre croissant.
- dans la partie B, 13 chiffres et 12 lettres sont disposés sur une feuille et la personne doit relier les chiffres et les lettres dans l'ordre croissant en alternant systématiquement entre chiffres et lettres.

Les parties A et B ont en commun de faire appel à des processus de recherche et d'analyse visuelle, d'attention sélective et d'impliquer la vitesse de traitement, mais la partie A est beaucoup plus facile car la personne peut suivre l'ordre automatique de la série des chiffres.

Seuil proposé pour le Trail Making A :

La performance sera considérée comme basse pour un temps de passation rapporté au nombre total de déplacement supérieur au 90ème percentile, correspondant à 10 % des temps les plus longs dans les normes obtenues chez des conducteurs âgés.

La partie B est plus difficile car la personne doit inhiber la tendance à suivre la série automatique des chiffres ou celle des lettres pour alterner entre ces deux séries. Cela implique l'intervention de processus d'inhibition et de flexibilité mentale. C'est pourquoi le Trail Making B est souvent considéré comme un test des fonctions exécutives. Les fonctions exécutives sont impliquées dans la résolution de problèmes nouveaux, ce qui nécessite de planifier un ensemble d'actions pour atteindre un but.

Dans la version du Trail making B utilisée dans ce protocole, les erreurs de la personne ne sont pas corrigées, et la présence de nombreuses erreurs de persévérations, qui consistent à ne pas alterner entre chiffres et lettres, permet de repérer un déficit d'inhibition et de flexibilité mentale.

Seuils proposés pour le Trail Making B :

En ce qui concerne la vitesse, une performance basse est définie par un temps rapporté au nombre total de déplacements supérieur au 90ème percentile, correspondant à 10 % des temps les plus longs dans les normes obtenues chez les conducteurs âgés.

Pour le nombre de bons déplacements, une performance basse est définie par un score inférieur au 10ème percentile, correspondant aux 10 % des performances les plus basses.

Il peut être intéressant de regarder les erreurs de persévérations car le fait de réaliser 5 persévérations ou plus a été associé à un risque augmenté d'accident (Lafont et al 2008).

Le test des codes de Wechsler (Wechsler 1981)

Il fait partie des sous-tests de l'échelle d'intelligence de Wechsler. En haut de la page est présentée une table de correspondance entre neuf chiffres et neuf symboles. En dessous, il y a des lignes de chiffres associées à des cases vides. La personne doit remplir en 90 secondes, le plus possible de cases vides avec les symboles correspondant, en utilisant la table de correspondance donnée en haut de la page.

C'est un test qui implique l'intervention de nombreux processus cognitifs, tels que le raisonnement analogique pour comprendre la consigne, la perception visuo-spatiale, l'attention sélective, la coordination visuo-motrice. C'est une mesure de la vitesse de traitement de l'information cognitivement complexe, qui est affectée par l'effet du vieillissement normal, mais encore plus par l'existence de lésions cérébrales même diffuses, comme des lésions diffuses de la substance blanche.

Seuil proposé : la performance est considérée comme basse pour un nombre bon signes inférieur au 10ème percentile, correspondant aux 10 % des performances les plus basses dans les normes obtenues chez les conducteurs âgés.

Normes aux Trail Making Test -A et B, et au test des Codes de Wechsler

(N=1745 conducteurs âgés de 70 ans et plus*)

On estime ici qu'une personne à une **basse performance** si son résultat est dans les 10% des performances les plus basses calculées chez des conducteurs âgés de même âge et même niveau de diplôme. Cela correspond à un résultat supérieur au 90^{ème} percentile (P90) pour les variables de vitesse (temps total divisé par le nombre total de déplacements), et en dessous du 10^{ème} percentile (P10) pour les variables de réussite.

N=1745 conducteurs		70-74 ans			75-79 ans			80 ans et plus		
		Diplôme 1	Diplôme 2	Diplôme 3	Diplôme 1	Diplôme 2	Diplôme 3	Diplôme 1	Diplôme 2	Diplôme 3
TMT-A	effectif	151	244	324	173	182	199	170	124	142
temps par déplacement (secondes)	moy (ET)	2,5 (1,1)	2,1 (0,9)	1,9 (0,7)	2,5 (1,1)	2,2 (0,9)	2,1 (0,8)	3,0 (1,4)	2,6 (1,2)	2,3 (0,8)
	P90	3,6^(a)	3,0	2,7	3,6	3,3	2,9	4,6	4,0	3,5
TMT-B	effectif	151	241	322	170	183	193	168	123	142
temps par déplacement (secondes)	moy (ET)	5,9 (3,4)	4,7 (2,5)	3,6 (1,4)	6,3 (3,7)	5,2 (2,7)	4,2 (1,7)	7,7 (5,7)	5,7 (3,3)	4,8 (2,3)
	P90	8,8	7,3	5,2	10,5	8,4	6,1	13,1	9,1	7,5
TMT-B	effectif	152	241	322	168	182	193	164	121	142
bons déplacements (nombre)	moy (ET)	19,7 (6,3)	19,7 (5,9)	21,6 (4,8)	18,9 (6,4)	20,6 (5,6)	21,0 (5,2)	17,7 (7,6)	21,4 (4,9)	21,1 (5,1)
	P10	10	11	15	8	12^(b)	13	6	15	14
Codes Wechsler	effectif	149	240	323	172	180	196	167	121	144
bons signes (nombre)	moy (ET)	31,8 (12,0)	38,0 (12,0)	44,1 (10,2)	31,1 (13,1)	35,2 (11,1)	39,9 (9,6)	27,5 (13,4)	32,7 (10,6)	35,6 (9,1)
	P10	19	24	32	17	22	28	15	21	24

- Diplôme 1 = Sans diplôme ou Certificat d'Etudes Primaires
- Diplôme 2 = BEP /CEP, brevet
- Diplôme 3 = BAC et +

Exemples :

- (a) 10 % des conducteurs, entre 70 et 74 ans et qui ont au plus le Certificat d'Etudes Primaires, ont un temps total rapporté au nombre total de déplacements supérieur à 3,6 secondes
- (b) 10 % des conducteurs, entre 75 et 79 ans et qui ont le BAC ou plus, ont réalisé moins de 12 bons déplacements au TMT-B

* Conducteurs âgés issus de deux études financées par l'ANR (Fabrigoule et al. 2012, Lafont et al. 2015)

Références citées :

- Lafont S, Laumon B, Helmer C, Dartigues JF, Fabrigoule C. Driving cessation and self-reported crashes in older drivers: the impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*. 2008, 21(3): 171-182.
- Lafont S, Marin-Lamellet C, Paire-Ficout L, Thomas-Antérion C, Laurent B, Fabrigoule C. The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the Best Indicator of the Risk of Impaired Driving in Alzheimer Disease and Normal Aging. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders* 29 (2010): 154-63.
- Fabrigoule C, Clément J, Coquillat A, Laumon B, Lafont S. Protocole cognitif pour un conseil argumenté en matière de régulation de la conduite automobile chez les seniors. *La revue de Gériatrie* 37 (2012): 707-18.
- Fabrigoule, C, and S Lafont. "Conduite Automobile, Vieillesse Cognitive Et Maladie D'alzheimer." *La Presse Médicale* 44 (2015): 1034-41.
- Lafont S, Paire-Ficout L, Gabaude C, Hay M, Bellet T, Paris JC, Marin-Lamellet C, Fabrigoule C. Safe Move for Older Drivers : pour une mobilité sûre des conducteurs âgés. *La Documentation Française* (2015) p121-41
- Barberger-Gateau P, Dartigues JF, Letenneur L. Four Instrumental Activities of Daily Living Score as a predictor of one-year incident dementia. *Age Ageing*. Nov 1993, 22(6): 457-63.
- Barberger-Gateau P, Fabrigoule C, Helmer C, Rouch I, Dartigues JF. Functional impairment in instrumental activities of daily living: an early clinical sign of dementia? *J Am Geriatr Soc*. Apr 1999, 47(4): 456-62.
- Lawton M, Brody E. Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist*. 1969, 9: 179-186.
- Reitan R. Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills*. 1965, 8: 271-276.
- Wechsler D. WAIS-R manuel. Psychological Corporation ed, Cleveland, 1981.

4. Autres articles sur l'insécurité routière

Seule la première page des articles cités ci-dessous est présentée.

- [A25] Martin JL, Lafont S, Chiron M, Gadegbeku B, Laumon B. Différences entre les hommes et les femmes face au risque routier (full text in English on www.e2med.com/resp). *Revue d'épidémiologie et de santé publique*. 2004, 52: 357-367.
- [A26] Lagarde E, Chastang JF, Gueguen A, Chiron M, Coeuret-Pellicier M, Lafont S. Emotional stress and traffic accidents: the impact of separation and divorce. *Epidemiology*. Nov 2004, 15(6): 762-6.
- [A27] Lagarde E, Chiron M, Lafont S. Traffic-ticket-fixing and driving behaviors in a large French working population. *Journal of epidemiology and community health*. 2004, 58: 562-8.
- [A31] Nabi H, Consoli SM, Chastang JF, Chiron M, Lafont S, Lagarde E. Type A Behavior Pattern, Risky Driving Behaviors, and Serious Road Traffic Accidents: A Prospective Study of the Gazel Cohort. *American journal of epidemiology*. 2005, 161(9): 864-870.
- [A32] Lagarde E, Chastang JF, Lafont S, Coeuret-Pellicier M, Chiron M. Pain and pain treatment were associated with traffic accident involvement in a cohort of middle-aged workers. *Journal of clinical epidemiology*. 2005, 58(5): 524-31.
- [A33] Parmentier G, Chastang JF, Nabi H, Chiron M, Lafont S, Lagarde E. Road mobility and the risk of road traffic accident as a driver: the impact of medical conditions and life events. *Accident Analysis and Prevention*. 2005, 37(6): 1121-1134.
- [A34] Nabi H, Consoli SM, Chiron M, Lafont S, Chastang JF, Zins M, Lagarde E. Aggressive/hostile personality traits and injury accidents: an eight-year prospective study of a large cohort of French employees- the GAZEL cohort. *Psychol Med*. Mar 2006, 36(3): 365-73.
- [A35] Nabi H, Gueguen A, Chiron M, Lafont S, Zins M, Lagarde E. Awareness of driving while sleepy and road traffic accidents: prospective study in GAZEL cohort. *British medical journal*. Jul 8 2006, 333(7558): 75.
- [A36] Nabi H, Salmi RL, Lafont S, Chiron M, Zins M, Lagarde E. Attitudes associated with behavioral predictors of serious road traffic crashes: results from the GAZEL cohort. *Injury Prevention*. 2007, 13(1): 26-31.
- [A40] Chiron M, Bernard M, Lafont S, Lagarde E. Tiring job and work related injury road crashes in the GAZEL cohort. *Accident Analysis and Prevention*. 2008, 40(3): 1096-1104.
- [A41] Constant A, Salmi LR, Lafont S, Chiron M, Lagarde E. The recent dramatic decline in road mortality in France: how drivers' attitudes towards road traffic safety changed between 2001 and 2004 in the GAZEL cohort. *Health Educ Res*. 2008, 23(5): 848-858.
- [A42] Bhatti JA, Constant A, Salmi R, Chiron M, Lafont S, Zins M, Lagarde E. Impact of retirement on risky driving behaviors and attitudes toward road safety among a large cohort of French drivers (the GAZEL cohort). *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*. 2008, 34(4): 307-315.
- [A43] Amoros E, Martin JL, Lafont S, Laumon B. Actual incidences of road casualties, and their injury severity, modelled from police and hospital data, France. *Eur J Public Health*. Aug 2008, 18(4): 360-5.
- [A44] Constant A, Salmi R, Lafont S, Chiron M, Lagarde E. Road casualties and changes in risky driving behavior in France between 2001 and 2004 among participants in the GAZEL cohort. *American Journal of Public Health*. 2009, 99(7): 1247-1253.
- [A48] Constant A, Lafont S, Chiron M, Zins M, Lagarde E, Messiah A. Failure to reduce drinking and driving in France: a 6-year prospective study in the GAZEL cohort. *Addiction*. 2010, 105(1): 57-61.
- [A49]. Constant A, Encrenaz G, Zins M, Lafont S, Chiron M, Zins M, Lagarde E, Messiah A. Why drivers start drinking and driving - A prospective study over 6-year period in the GAZEL cohort. *Alcohol and Alcoholism*. Advance access published september 1 2011, 46(6): 729-733.

[A25]

© Masson, Paris, 2004.

Rev Epidemiol Sante Publique, 2004, 52 : 357-367

Differences between males and females in traffic accident risk in France

J.-L. MARTIN, S. LAFONT, M. CHIRON, B. GADEGBEKEU, B. LAUMON

INRETS/UCBL UMRETTE, 25, avenue François-Mitterrand, Case 24, 69675 Bron Cedex, France. Email : jean-louis.martin@inrets.fr (Reprints: J.-L. Martin)

To cite the present paper, use exclusively the following reference: Martin JL, Lafont S, Chiron M, Gadegbeku B, Laumon B. Différences entre les hommes et les femmes face au risque routier (full text in English on www.e2med.com/resp). *Rev Epidemiol Sante Publique* 2004; 52: 357-67.

Background: In France 7,720 people were killed in road accidents in 2001, 75% of those killed were men; the number of injured people is estimated at 153,945, of which 65% were men. The objective of this study is to describe differences between men and women regarding accidents, and to explain the main reasons for these differences.

Methods: Analysis is carried out on both national police data (2001) and data from the Rhône medical road accident trauma Register (1996-2001).

Results: The male/female incidence ratio equals 3.1 for mortality (95% CI: 2.0-3.3) and 1.7 for morbidity (95% CI: 1.7-1.8). Two-wheel motorised vehicle accidents are very specific to males, which explains part of this overrepresentation. The fatality rate and the severe injuries rate among survivors are higher for males. This is true for every main user group (automobile users, motorised two-wheelers, cyclists, pedestrians) after adjusting for accident circumstances and age of casualties. Males are more severely injured, and more often have severe after-effects.

Conclusions: This paper shows the mechanisms that lead to this unfavourable outcome for men. They correspond to differences in the number of trips, in the choice of road transport types, and moreover to differences in risk-taking behaviours. Underlying these behaviours, deep-rooted, strong and rather invariant differences between genders are to be found in the values associated with risk-taking on the road.

Epidemiology. Sex. Gender. Road crash. France.

INTRODUCTION

A road traffic accident involving at least one moving vehicle is defined according to its consequences: it causes material damage and sometimes bodily injury. The term 'accident', which portrays chance and unpredictable characteristics, is justified by the rarity of the event on an individual level, and by the frequent and random conjunction of several causal factors. However, certain well-identified risk factors increase the

probability of an accident or the gravity of its consequences (Anglophone students of accidents prefer to this the notion of crash [1]). In reality, a traffic accident is more often material than bodily in nature. In France, it is estimated there were 2,328,000 accidents which were the object of an insurance claim, whereas only 116,745 bodily injuries were recorded in the same period [2]. Following our public health perspective, we will herein consider only bodily injury (and in the

Text received January 26, 2004. Final acceptance: May 8, 2004.

[A26]

ORIGINAL ARTICLE

Emotional Stress and Traffic Accidents

The Impact of Separation and Divorce

Emmanuel Lagarde,^{**†} Jean-François Chastang,^{**†} Alice Gueguen,^{**†} Mireille Coeuret-Pellicier,^{**†}
Mireille Chiron,[‡] and Sylviane Lafont[‡]

Background: Personal responses to stressful life events are suspected of increasing the risk of serious traffic accidents.

Methods: We analyzed data from a French cohort study (the GAZEL cohort), including a retrospective driving behavior questionnaire, from 13,915 participants (10,542 men age 52–62 years and 3373 women age 47–62 years in 2001). Follow-up data covered 1993–2000. Hazard ratios for serious accidents ($n = 713$) were computed by Cox's proportional hazard regression with time-dependent covariates. Separate analyses were also performed to consider only at-fault accidents.

Results: Marital separation or divorce was associated with an increased risk of a serious accident (all serious accidents: hazard ratio 2.9, 95% confidence interval = 1.7–5.0; at-fault accidents: 4.4, 2.3–8.3). The impact of separation and divorce did not differ according to alcohol consumption levels. Other life events associated with increased risk of serious accident were a child leaving home (all accidents: 1.2, 0.97–1.6; at-fault accidents: 1.5, 1.1–2.1), an important purchase (all accidents: 1.4, 1.1–1.7; at-fault accidents: 1.6, 1.2–2.1), and hospitalization of the partner (all accidents: 1.4, 1.1–2.0).

Conclusion: This study suggests that recent separation and divorce are associated with an increase in serious traffic accidents.

(*Epidemiology* 2004;15: 762–766)

Human factors contribute to traffic accidents,¹ but few studies have looked at stressful life events that might predispose toward accidents. Holt et al.² studied 55 patients admitted to orthopedic wards after accidents (24 at fault and

31 not at fault). The group at fault had experienced considerably more stressful life events than the other group in the previous year. Selzer³ interviewed 532 male drivers from Michigan and found that transitory life changes and subjective stress were correlated with traffic accidents, whereas personality and demographic variables were not. In both studies, however, life events were reported after the accident.

A 1970 study of the driving records of 410 persons involved in divorce proceedings found that in the 6 months before and after filing of the divorce petition, traffic accidents and violation rates were markedly higher than the average population rates.⁴ Comparison of the marital status of victims of motor vehicle fatalities and of persons who died of natural causes in the United States in 1992 showed that divorced persons were more likely to die in road traffic accidents than married individuals (OR = 1.2; 95% CI = 1.1–1.3).⁵ One possible explanation is that marital conflict produces stress that may be associated with inattention or with irresponsible behaviors.

We conducted a prospective investigation of the association between potentially stressful life events and the risk of serious traffic accidents over an 8-year period in a large cohort of French workers.

METHODS

Study Population

The participants, all employees of or recent retirees from the French national electricity and gas companies (Electricité de France and Gaz de France), volunteered in 1989 to participate in a research cohort. These 2 firms employ approximately 150,000 people of diverse trades and socioeconomic groups throughout France. This GAZEL cohort, studied by the National Institutes of Health and Medical Research (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, INSERM), initially included 20,625 participants: 15,011 men age 40–50 years in 1989 and 5614 women age 35–50 years. A comprehensive database has been regularly updated since then with data from the companies' human resources and occupational medicine departments and medical insurance

Submitted 20 August 2003; final version accepted 29 June 2004.

From the *INSERM U88, Saint-Maurice, France; †Institut Fédératif de Recherche 69, France; and ‡UMRETTTE-INRETS, Bron, France.

This project was funded by Renault, Electricité de France, Gaz de France and Fondation MAIF.

Correspondence: Emmanuel Lagarde, INSERM U88, 14, rue du Val d'Osne, 94415 Saint-Maurice Cedex, France. E-mail: emmanuel.lagarde@st-maurice.inserm.fr.

Copyright © 2004 by Lippincott Williams & Wilkins
ISSN: 1044-3983/04/1506-0762

DOI: 10.1097/01.ede.0000142140.77194.ad

762

Epidemiology • Volume 15, Number 6, November 2004

Copyright © Lippincott Williams & Wilkins. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

[A27]

562

EVIDENCE BASED PUBLIC HEALTH POLICY AND PRACTICE

Traffic ticket fixing and driving behaviours in a large French working population

E Lagarde, M Chiron, S Lafont

J Epidemiol Community Health 2004;58:562-568. doi: 10.1136/jech.2003.011833

Study objective: The use of connections who have the authority to cancel penalties related to traffic violations seems to be very frequent in France. This study aimed at describing risk taking driving behaviours associated in France with using connections to have traffic tickets cancelled (ticket fixing).

Design: Retrospective study on driving behaviour and road safety conducted between March and December 2001 within a cohort of French employees.

Setting: France.

Participants: Employees of the French national utility company who have been followed up since 1989. The sample comprises 10 594 men aged 53-63 years and 3258 women aged 48-63 in 2001.

Main results: One third of the men and one fifth of the women reported that they had had a ticket fixed at some time. Those who reported having tickets fixed were more likely than the others to report high driving speeds (adjusted odds ratios (aOR) were 1.24, 1.52, and 1.66 in built up areas, on rural roads, and on motorways respectively), to report driving while under the influence (aOR=1.39), and to report risky use of cellular phone while driving (aOR=1.83). In addition, participants who reported having tickets fixed were more likely to have had at least one serious road traffic accident in the past 11 years (aOR=1.21).

Conclusions: Indulgence and the use of connections are common practices in France. These results suggest that it is to confer a feeling of impunity that jeopardises efforts to combat unsafe driving. Abolition of these traditions is essential to ensure the credibility of preventive and repressive measures.

See end of article for authors' affiliations

Correspondence to:
Dr E Lagarde, INSERM
U88, 14, rue du Val
d'Osne, 94415
Saint-Maurice Cedex,
France; emmanuel.
lagarde@st-maurice.
inserm.fr

Accepted for publication
7 October 2003

During the last presidential election in France in May 2002, several French associations for the prevention of road traffic accidents appealed to candidates to renounce the pardon usually granted to people who violated traffic regulations in the six months to one year before the election.¹ In response, the newly re-elected president Jacques Chirac limited the amnesty to non-dangerous parking violations. While this can be considered as a great improvement in the fight to improve road safety in France, amnesty is far from the only French "tradition" of indulgence for traffic violations. Another such tradition entails the use of connections who have the authority to cancel penalties related to traffic violation, that is, to "fix the ticket" in US parlance. This connection is often a police officer, an elected representative, or a member of the intelligence services.² A study conducted in 1988 found that 20% of penalties for non-serious violations (mainly parking, seat belts, and failure to have necessary papers on hand) and 33% of penalties for serious violations (mainly speeding and failure to stop violations) received indulgence.³

Road traffic accident rates are high in France compared with most European countries. Modelling exercises have compared safety performance between Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) countries⁴; after adjustment for vehicle fleet, population structure, proportion of urban population, per capita alcohol consumption, and employment rate, France ranked 18th in 1980 and 15th in 1994 among the 21 OECD countries. The campaign for road safety has been allocated a top priority by successive governments. Road traffic accident rates started recently to decline in 2002.⁵

Numerous studies have shown the role of human behaviour in the complex chain of events leading to road traffic accidents.⁶⁻⁸ The risk of involvement in these accidents

has been shown to be associated with the tendency to violate traffic laws, drive fast, and lack thoroughness in decision making.⁹ In addition, studies conducted in the UK¹⁰ and in Greece¹¹ insisted on the importance of aggressive behaviour and irritability. Several other studies have shown that mild social deviance and propensity to violate traffic laws are correlated with an increased risk of accident involvement.¹²⁻¹⁴ To our knowledge, however, no published study has assessed the impact of the sense of impunity conferred by the knowledge of immunity from traffic penalties related to the availability of ticket fixing, amnesty, or various other improprieties (considered corrupt or venal in many countries). Nor has the prevalence of this practice been estimated.

We took advantage of data from a study of road traffic accidents among a cohort of workers in France to investigate the prevalence of the use of connections to avoid paying traffic violation penalties (hereafter called ticket fixing) and to assess its impact on risk taking driving behaviours.

METHODS

Study population

The participants were employees of the French national electricity and gas companies, Electricité de France and Gaz de France (EDF-GDF) who volunteered to participate in a research cohort, known as GAZEL. Its principal objectives are to collect data about the annual prevalence and incidence of chronic health problems. Together, these two firms employ about 150 000 people of diversified trades and socioeconomic groups throughout France.

Since 1989, the GAZEL cohort has been under study by the National Institute of Health and Medical Research (INSERM). It initially included 20 625 participants: 15 011

[A31]



American Journal of Epidemiology
Copyright © 2005 by the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health
All rights reserved

Vol. 161, No. 9
Printed in U.S.A.
DOI: 10.1093/aje/kw1110

Type A Behavior Pattern, Risky Driving Behaviors, and Serious Road Traffic Accidents: A Prospective Study of the GAZEL Cohort

Hermann Nabi^{1,2}, Silla M. Consoli³, Jean-François Chastang^{1,2}, Mireille Chiron⁴, Sylviane Lafont⁴, and Emmanuel Lagarde^{1,2}

¹ Unité 687, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Saint-Maurice, France.

² Institut Fédératif de Recherche 69, Villejuif, France.

³ Hôpital Européen Georges Pompidou/Service de Psychologie Clinique et de Psychiatrie de Liaison, Paris, France.

⁴ Unité Mixte de Recherche Épidémiologie Transport Travail Environnement, Bron, France.

Received for publication July 19, 2004; accepted for publication December 21, 2004.

The type A behavior pattern (TABP), characterized by impatience, time urgency, and hostility, was originally developed in relation to coronary heart disease. Since 1986, there has been a debate on whether the TABP is also associated with risky driving behaviors leading to increased risks in road traffic accidents (RTAs). The authors examined prospectively the relation among risky driving behaviors, serious RTAs, and the TABP in a cohort of 20,000 French employees of Électricité de France–Gaz de France who were aged 39–54 years in 1993. A total of 11,965 participants were included in this study. The TABP was assessed in 1993 using the French version of the Bortner Rating Scale. Driving behaviors and serious RTAs were recorded in 2001. Sociodemographic and alcohol consumption data were available from the cohort's annual follow-up. The impact of the TABP on the risk of serious RTAs was assessed using the Cox proportional hazards regression model with time-dependent covariates. After adjustment for potential confounders, the risk for serious RTAs increased proportionally with TABP scores: hazard ratios were 1.29 (95% confidence interval: 1.03, 1.63) for intermediate-level scores and 1.48 (95% confidence interval: 1.16, 1.90) for high-level scores relative to low TABP scores. The authors concluded that type A drivers had an increased risk of RTAs. Implications of this finding for traffic safety are discussed.

accidents, traffic; automobile driving; Cox regression; prospective studies; risk-taking; type A personality

Abbreviations: RTA, road traffic accident; TABP, type A behavior pattern.

The human factor appears in the literature as being the most prevalent contributing factor of road traffic crashes (1–4). This includes both driving behavior (e.g., speeding, drinking and driving, traffic law violations) and impaired skills (e.g., inattention, fatigue, physical disabilities, impaired sensory perception, and so on).

Among the individual variables suspected to increase the risk of road traffic accidents (RTAs), the psychological characteristics of the driver were examined closely. Many personality traits, such as locus of control (5), cognitive failures (6), sensation seeking (7), and behavior pattern, especially the type A behavior pattern (TABP), have been

suspected to be related to unsafe driving behavior and involvement in RTAs. In particular, for more than two decades, several authors have assessed and discussed whether individuals with the TABP were more at risk of RTAs.

The TABP was born from the clinical observations of Friedman and Rosenman (8, 9), two cardiologists. They noted that their patients with heart disease were often behaviorally and emotionally different from individuals without heart disease, with a competitive need for achievement, a sense of time urgency, alertness, aggressiveness, and hostility. From these clinical observations, several cohort

Correspondence to Hermann Nabi, Hôpital National de Saint-Maurice, INSERM U687, 14, rue du Val d'Osne, 94415 Saint-Maurice Cedex, France (e-mail: Hermann.Nabi@st-maurice.inserm.fr).

[A32]



Journal of Clinical Epidemiology 58 (2005) 524–531

**Journal of
Clinical
Epidemiology**

Pain and pain treatment were associated with traffic accident involvement in a cohort of middle-aged workers

Emmanuel Lagarde^{a,b,*}, Jean-François Chastang^{a,b}, Sylviane Lafont^c,
Mireille Coeuret-Pellicier^{a,b}, Mireille Chiron^c

^aINSERM UR8, 14 rue du Val d'Osne, 94410 Saint Maurice, France

^bIFR69, Saint Maurice, France

^cUMRETTTE-INRETS, Bron, France

Accepted 23 September 2004

Abstract

Background and Objective: To assess the influence of medical conditions on road traffic accidents among a cohort of middle-aged workers and pensioners.

Study Design and Setting: A longitudinal study of 13,548 participants from a cohort study of French workers. Follow-up data covered the 1989–2000 period. Adjusted hazards ratios (HR_{adj}) for serious accidents were computed by Cox's proportional hazards regression with time-dependent covariates adjusted for age, occupation, annual mileage in 2001, alcohol consumption, and number of reported health problems.

Results: Men who reported treated dental or gingival problems (HR_{adj} = 8.57, 95% confidence interval CI = 2.70–27.2) and women who reported treated renal colic or kidney stones (HR_{adj} = 9.71, 95% CI = 2.40–39.3) were much more likely to have a serious traffic accident. Treated glaucoma, hiatal hernia or gastric ulcers, and diabetes among women and treated cataract among men were also found to be associated with the risk of serious traffic accidents.

Conclusions: This study raises the hypothesis that pain and pain treatment (singly or in combination) could increase the risk of road traffic accident and confirms that medical conditions traditionally found to be associated with traffic accident involvement of older drivers are also risk factors for middle-aged drivers. © 2005 Elsevier Inc. All rights reserved.

Keywords: Medical conditions; Accidents; traffic; Longitudinal studies

1. Introduction

Medical causes of road traffic accidents have so far received little attention compared to the potential for prevention through regular medical follow-up of licensed drivers, advice given in the doctor's office, and license delivery conditions. Evaluation of restricted driver licensing for medical impairments in North America suggested that it could significantly decrease the rates of crashes and traffic violations [1,2]. Laws governing the issuance of driver's licenses to patients with specific medical disorders differ from place to place, mainly because of the lack of agreement about which medical factors are associated with increased risk of traffic accidents. Although common sense has prevailed so far regarding a number of disabling medical conditions, such

as severe sense perception or functional impairment, a broad range of other conditions deserve further evaluation to assess their role in road traffic insecurity. Conditions found to be correlated with traffic accidents include visual impairment [3–5], epilepsy [6–8], diabetes mellitus [6,9], heart disease [10–12], and arthritis [10]. Similarly, cognitive impairment among older drivers has been demonstrated to be associated with an increased risk of traffic accidents [13], but associated prevention is hindered by poor physician awareness of the cognitive status of their patients [14].

Very few studies have attempted prospectively to identify the contribution of medical factors to traffic accident involvement while adjusting for driving exposure [10]. In addition, most studies were conducted among older drivers, and no data are available for middle-aged people (among whom the prevalence of a range of medical conditions begins to be significant).

We conducted a prospective investigation of the association between self-reported medical conditions and the risk of serious traffic accidents over a 12-year period in a large

* Corresponding author. Tel.: +33-1-45-18-38-58; fax: +33-1-45-18-38-89.

E-mail address: emmanuel.lagarde@st-maurice.inserm.fr (E. Lagarde).

[A33]



Accident Analysis and Prevention 37 (2005) 1121–1134

**ACCIDENT
ANALYSIS
&
PREVENTION**

www.elsevier.com/locate/aap

Road mobility and the risk of road traffic accident as a driver The impact of medical conditions and life events

G. Parmentier^{a,b}, J.-F. Chastang^{a,b}, H. Nabi^{a,b}, M. Chiron^c, S. Lafont^c, E. Lagarde^{a,b,*}^a Inserm, U687, Saint-Maurice F-94415, France^b IFR69, Villejuif F-94807, France^c INRETS, UMRESTTE, Bron F-69675, France

Received 9 March 2005; received in revised form 13 June 2005; accepted 13 June 2005

Abstract

Study objective: We conducted a longitudinal investigation of the impact of self-reported life events and medical conditions on changes in road mobility on the wheel between 2000 and 2002 in order to assess whether these changes would affect the risk of road traffic accident (RTA).

Methods: Data are from a cohort of workers and retirees from the French national gas and electricity companies (the Gazel cohort). In the present study, 10,483 participants were included (7843 men aged 51–61 years and 2640 women aged 46–61 years, in 2000). The link between mobility and the risk of RTA was approximated using data on RTA number during lifetime and reported mobility in 2000. We then compared changes in road mobility between 2000 and 2002 resulting from life events and medical conditions reported to have occurred in the year 2001 or changed when compared to year 2000. We also compared road mobilities in 2000 in order to assess any pre-existing differences before life events and medical conditions. This led to estimation of the effect of road mobility changes on the risk of RTA.

Results: Changes in road mobility associated with life events and medical conditions were only found among men. These changes in road mobility were minimal. Ensuing changes in the risk of RTA were estimated to be small (odds-ratios ranged from 0.94 to 1.01). The only life events found to be associated with increased road mobility was an important purchase, Hospitalization, serious RTA, and retiring were associated with reduced road mobility. Concerning medical conditions, men who reported cataract, angina pectoris, diabetes, anxiety and stress, sleep disorder, and depression decreased their road mobility.

Conclusion: We found no or moderate changes in road mobility resulting from life events and medical conditions, suggesting that results from previous published studies that assessed the impact of life events or medical conditions on RTA were not jeopardized by improper adjustment for road mobility.

© 2005 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Road mobility behind the wheel; Risk of road traffic accidents as a driver; Medical conditions; Life events

1. Introduction

Most studies on individual risk factors of road traffic accident (RTA) fail to control sufficiently for exposure (mileage driven) when measuring associations. Measuring exposure to the risk of accidents is always difficult (Joly et al., 1991). In particular, temporary changes are almost impossible to capture in the context of retrospective studies. This problem is particularly acute in the study of medical conditions and

life events associated with the risk of RTA. Association or absence of association may stem from changes in mileage induced by the disease or the event itself, rather than reflect the actual impact or absence of impact on driving performance.

For example, we found in a previous study that separation and divorce were associated with a 2.9-fold increase in risk of serious RTA (Lagarde et al., 2004). While we adjusted for annual mileage reported at the end of the study period, we were not able to account for changes in mileage driven within the same period. One can hypothesize that divorce may increase mobility which in turn increases the risk of

* Corresponding author. Tel.: +33 1 46183858; fax: +33 1 46183889.
E-mail address: emmanuel.lagarde@st-maurice.inserm.fr (E. Lagarde).

[A34]

Psychological Medicine, 2006, **36**, 365–373. © 2005 Cambridge University Press
doi:10.1017/S0033291705006562 First published online 7 December 2005. Printed in the United Kingdom

Aggressive/hostile personality traits and injury accidents: an eight-year prospective study of a large cohort of French employees – the GAZEL cohort

HERMANN NABI^{1,2*}, SILLA M. CONSOLI³, MIREILLE CHIRON⁴,
SYLVIANE LAFONT⁴, JEAN-FRANÇOIS CHASTANG^{1,2}, MARIE ZINS^{1,2}
AND EMMANUEL LAGARDE^{1,2}

¹ Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), U687, Saint-Maurice, F-94415 France; ² Institut Fédératif de Recherche (IFR) 69, Villejuif, F-94807 France; ³ Hôpital Européen Georges Pompidou, Service de Psychologie Clinique et de Psychiatrie de Liaison, Paris, F-75015 France; ⁴ Unité Mixte de Recherche Epidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement (Inrets-Université Lyon 1-InVS), Bron, F-69675 France

ABSTRACT

Background. Aggressiveness on the roads and/or anger behind the wheel are considered to be a major traffic safety problem in several countries. However, the psychological mechanisms of anger and/or aggression on the roads remain largely unclear. This study examines a large cohort of French employees followed over the period 1994–2001 to establish whether psychometric measures of aggression/hostility were significantly associated with an increased risk of an injury accident (I-A). An I-A was defined as a traffic accident in which someone was injured, that is required medical care.

Method. A total of 11 754 participants aged from 39 to 54 years in 1993 were included in this study. Aggression/hostility was measured in 1993 using the French version of the Buss–Durkee Hostility Inventory (BDHI). Driving behaviors and I-A were recorded in 2001. Sociodemographic and alcohol consumption data were available from annual follow-up of the cohort. The relationship between aggression/hostility scores and I-A was assessed using negative binomial regression models with time-dependent covariates.

Results. The overall BDHI scoring was not statistically predictive of subsequent I-A: adjusted rate ratio (aRR) 1.02, 95% confidence interval (CI) 0.81–1.28, for participants with intermediate scores and aRR 1.25, 95% CI 0.98–1.61 for those with high scores, both compared to those with low scores. The only BDHI subscales found to be associated with I-A were ‘irritability’ (aRR 1.33, 95% CI 1.02–1.75 for participants with high scores) and ‘negativism’ (aRR 1.32, 95% CI 1.01–1.71 for participants with high scores).

Conclusion. Overall aggression/hostility personality traits did not predict I-A in this large cohort of French employees, suggesting that aggressiveness on the roads and/or anger behind the wheel extend beyond the individual’s general propensity for aggression.

INTRODUCTION

The phenomenon of ‘road rage’ has emerged in recent years as a new traffic safety issue in some

English-speaking countries, including the USA, Canada and the UK (Joint, 1995; Harding *et al.*, 1998; Smart & Mann, 2002; Wells-Parker *et al.*, 2002). Despite a lack of consensus, road rage has been described as being associated with a range of antisocial driving behaviors and/or acts of aggression that occur on the road (Elliott, 1999).

* Address for correspondence: Mr Hermann Nabi, Hôpital National de Saint-Maurice, INSERM U687, 14 rue du Val d’Osne, 94415 Saint-Maurice Cedex, France.
(Email: Hermann.Nabi@st-maurice.inserm.fr)

[A35]

Cite this article as: *BMJ*, doi:10.1136/bmj.38863.638194.AE (published 23 June 2006)

Research

BMJ

Awareness of driving while sleepy and road traffic accidents: prospective study in GAZEL cohort

Hennam Nabi, Alice Guéguen, Mireille Chiron, Sylviane Lafont, Marie Zins, Emmanuel Lagarde

Abstract

Objectives To examine the association between self assessed driving while sleepy and the risk of serious road traffic accidents (RTAs).

Design Prospective cohort study.

Setting France.

Participants 13 299 of the 19 894 living members of the GAZEL cohort, workers and recent retirees of a French national utility company followed up since 1989.

Main outcome measures Frequency of driving while sleepy in the previous 12 months, reported in 2001; rate ratios for serious RTAs in 2001-3, estimated by using generalised linear Poisson regression models with time dependent covariates.

Results The risk of serious RTAs increased proportionally with the frequency of self reported driving while sleepy. After adjustment for sociodemographic characteristics, driving behaviour variables, work conditions, retirement, medical conditions and treatments, depressive symptoms, and sleep disorders, the adjusted rate ratios of serious RTAs for participants who reported driving while sleepy in the previous 12 months "a few times" or "once a month or more often" were 1.5 (95% confidence interval 1.2 to 2.0) and 2.9 (1.3 to 6.3) respectively compared with those who reported not driving while sleepy over the same period. These associations were not explained by any reported sleep disorders.

Conclusions Self assessed driving while sleepy was a powerful predictor of serious RTAs, suggesting that drivers' awareness of their sleepiness while driving is not sufficient to prevent them from having RTAs. Messages on prevention should therefore focus on convincing sleepy drivers to stop driving and sleep before resuming their journey.

Introduction

Sleepiness in drivers is increasingly recognised as an important factor contributing to the burden of traffic related morbidity and mortality,¹⁻⁴ but proper assessment of its contribution is lacking.²⁻⁴ Published estimates of the proportion of road traffic accidents (RTAs) attributable to sleepiness range from 3% to 33% according to studies conducted in France,⁵ the United States,⁶ and Australia.⁷ In particular, little is known about the extent to which drivers are able to assess accurately that they are sleepy while driving.⁵⁻⁸

In the 2005 "sleep in America" poll of the National Sleep Foundation, 60% of America's adults who drive or have a licence reported that they had driven a car or motor vehicle when feeling drowsy or sleepy within the previous year.⁹ A recent survey in France showed that 7 out of 10 French people report periods of

sleepiness in the course of the day, and about 6% admitted to having driven while sleepy at least once during the previous three months.¹⁰

We did a prospective study in a large cohort of French employees to examine the association between self reported frequency of driving while sleepy over the previous 12 months and the risk of subsequent serious RTAs over the next three years.

Methods

Participants

The participants were current employees or recent retirees of the French national electricity and gas company, who volunteered to participate in a research cohort known as the GAZEL cohort. The GAZEL cohort was established in 1989 and originally included 20 624 people working at Electricité De France-Gaz De France (EDF-GDF), comprising men aged 40-50 and women aged 35-50 at baseline. Since 1989, this cohort has been followed up with yearly self administered questionnaires and by data collection from the company's personnel and medical departments. Before inclusion in both the GAZEL cohort and the study on traffic safety, all participants received an information letter describing the main objective of the study and the non-compulsory nature of their participation.

Materials

We collected data on sleepiness and other driving behaviours in 2001 by using a self administered driving behaviour and road safety questionnaire. We collected data on incident accidents in 2001-3 from the yearly self administered annual GAZEL cohort questionnaire. Finally, when an accident was reported in the GAZEL cohort questionnaire, we sent participants a complementary accident form with 31 questions about the circumstances, the injuries, the reasons for the accident, and the responsibility of the driver.

Data from the GAZEL cohort database

We recorded sociodemographic and medical data, including self reported sleep disorders (treated or not) and alcohol consumption,¹¹ each year in 2001-3 from the GAZEL cohort questionnaire. We also added questions on mobility and accidents in the previous year to the questionnaire in this period. We asked drivers how many kilometres they drove a four wheeled or two wheeled vehicle in the previous 12 months. We also asked the participants to report whether in the previous 12 months they had been involved in one or more serious traffic accidents, defined as an accident that required at least a medical consultation. In the January 2002 questionnaire, we also asked participants to record the date of reported accidents. This

[A36]

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on February 12, 2010 - Published by group.bmj.com

26

ORIGINAL ARTICLE

Attitudes associated with behavioral predictors of serious road traffic crashes: results from the GAZEL cohort

Hermann Nabi, Louis Rachid Salmi, Sylviane Lafont, Mireille Chiron, Marie Zins, Emmanuel Lagarde

Injury Prevention 2007;13:26–31. doi: 10.1136/ip.2006.013342**Objectives:** To test the hypothesis that behavioral predictors of serious road traffic crashes (RTC) are correlated with unfavorable attitudes towards traffic safety.**Design:** Prospective and cross-sectional cohort study.**Setting:** France**Participants:** 13 447 of the 19 894 living members of the GAZEL cohort, workers and recent retirees of a French national utility company followed up since 1989.**Main outcome measures:** Driving behavior and attitudes towards traffic safety in 2001 by questionnaire. Serious RTCs were recorded over the subsequent 3 years using the cohort annual questionnaire. Behavioral predictors of serious RTCs were assessed using generalized linear Poisson regression models with time-dependent covariates. Factor scores extracted from the first four attitudinal factors of principal component analysis were saved and then regressed on behavioral predictors as independent variables.**Results:** After controlling for potential confounders, the best predictors of serious RTCs were: "exceeding speed limits on rural roads", "risky use of cellular phone", and "sleepy driving". The adjusted rate ratio ranged from 1.47 to 2.16. Predictors of contravention of the highway code (the first two predictors) were found to be strongly associated with negative attitudes towards "enforcement" and "speed limitations" with an adjusted odds ratio ranging from 1.31 to 2.02.**Conclusion:** Our study supports the view that individuals with a high propensity for driving behaviors associated with an increased risk of RTCs were more likely to have negative attitudes towards traffic safety. Changing drivers' negative or distorted opinions of traffic "enforcement" as well as "speed limitations" and "alcohol prohibition on roads" could improve their compliance with road traffic rules.

See end of article for authors' affiliations

Correspondence to: Dr H Nabi, Hôpital National de Saint-Maurice, INSERM U687, 14, rue du Val d'Osne, 94415 Saint-Maurice Cedex, France; hermann.nabi@st-maurice.inserm.fr

Accepted 11 November 2006

Numerous studies have illustrated how risky driving behavior plays a major role in the occurrence of road traffic crashes (RTCs), leading to the consensus that changes in driver behavior is one of the key points for traffic safety interventions.^{1–7} One of the approaches considered to be effective and long-lasting is to change attitudes towards traffic safety.^{8–10} The rationale of this attitudes-behavior-outcome model assumes that risk-taking attitudes correlate with risk-taking behavior, which in turn predict RTCs. Although the potential of this model is often advocated and sometimes used in traffic safety campaigns,^{11–13} the causal pathway between attitudes, driving behavior and RTCs risk is rarely studied.¹⁴ This gap in knowledge is due to the fact that most studies that have shown a strong relationship between drivers' attitudes and their behavior on the roads^{15–18} did not include data on RTCs. The few studies that considered drivers' attitudes to RTCs produced inconsistent findings. A study by Assum among Norwegian drivers¹⁹ found that the association between attitudes and accident risk disappears when controlling for mileage and for driver's age. Another recent study from Norway²⁰ found that attitudes towards rule violations and speeding influenced involvement in risky driving behaviors, which had an effect on near accidents and accidents. Unfortunately, accident data were recorded retrospectively and over lifetimes, making it difficult to disentangle the temporal sequence in the associations between attitudes, risky driving, and crashes. We conducted a study in a large cohort of employees and recent retirees (the GAZEL cohort) to test the hypothesis that behavioral predictors of serious RTCs were correlated with unfavorable attitudes towards traffic safety. The three specific objectives of this study were: (1) to identify behavioral predictors of serious RTCs, (2) to identify patterns of

attitudes towards traffic safety, and (3) to examine the relationship between these specific attitudinal patterns and behavioral predictors of serious RTCs.

MATERIALS AND METHODS

Participants

The participants were current employees or recent retirees of the French national electricity and Gas Company, Electricité De France-Gaz De France (EDF-GDF), who volunteered to participate in a research cohort, known as the GAZEL cohort. The GAZEL cohort was established in 1989 and originally included 20 624 subjects working at EDF-GDF, comprising men aged 40–50 years and women aged 35–50 years at baseline. Since 1989, this cohort has been followed up by means of yearly self-administered questionnaires and by data collection from the company's human resources and medical departments. The objectives and methods of the cohort have been described in detail elsewhere.²¹

MATERIALS

Driving behavior and road safety questionnaire 2001

In 2001, a driving behavior and road safety (DBRS) questionnaire was mailed to the 19 894 living members of the GAZEL cohort. This questionnaire was previously piloted on 500 randomly selected participants. The answers and comments of the 330 respondents were used to finalize it.

Risky driving behaviors were assessed using five questions: The participants were asked to report their maximum speed in built-up areas, on rural roads, and on highways (a circle had to be drawn on a scale for each location with marks labelled with

Abbreviations: EDF-GDF, Electricité De France-Gaz De France; RTA, road traffic accident; RTCs, road traffic crashes

[A40]



Accident Analysis and Prevention 40 (2008) 1096–1104

**ACCIDENT
ANALYSIS
&
PREVENTION**

www.elsevier.com/locate/aap

Tiring job and work related injury road crashes in the GAZEL cohort

Mireille Chiron^{a,b,c,d,*}, Marlène Bernard^{a,b,c,d},
Sylviane Lafont^{a,b,c,d}, Emmanuel Lagarde^{e,f,g}

^a *Unité Mixte de Recherche et Surveillance Transport Travail Environnement (UMRESTTE, UMR T9405),
25 Avenue François Mitterrand, Bron F-69675, France*

^b *Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), Bron F-69675, France*

^c *Université de Lyon, Université Lyon 1, Lyon F-69003, France*

^d *Institut de veille sanitaire (InVS), Saint-Maurice F-94415, France*

^e *INSERM, U897, Equipe Avenir "Prévention et Prise en charge des traumatismes", Bordeaux F-33076, France*

^f *Institut de Santé Publique et de Développement, Université Victor Segalen Bordeaux 2, Bordeaux F-33076, France*

^g *Institut Fédératif de Recherche de Santé Publique (IFR99), Bordeaux F-33076, France*

Received 7 May 2007; received in revised form 6 July 2007; accepted 4 December 2007

Abstract

The objective was to describe at-work and commuting crashes occurring in a cohort of French employees and to investigate occupational risk factors. The subjects were employees of the French national electricity and gas companies, Électricité de France and Gaz de France (EDF–GDF), who volunteered to join a research cohort (the GAZEL cohort which included 20,625 participants in 1989). Only crashes with injuries were considered. Crashes for the periods 1989–2001 were recorded together with the type of journey (commuting, work, private), the type of road-user, self-estimated responsibility, and injuries sustained by the subject. Annual incidences for gender/age groups and socio-occupational groups were computed for each of the two types of work related crashes. Occupational risk factor analyses were conducted using a Cox proportional hazards regression model with time-dependent covariates adjusting for the main confounders. A total of 146,285 person years at work were observed. Two indicators of self-reported work fatigue were associated with the occurrence of at-work crashes: “nervously tiring work” for males (RR = 1.6, 95% CI [1.1; 2.3]), sustained standing for females (RR = 3.0, 95% CI [1.0; 8.4]), adjusting for health status, location of residence, type of family, transport mode and mileage. As regards crashes while commuting, a self-reported uncomfortable position at work was a risk factor among women (RR = 1.9, 95% CI [1.1; 3.3]). On the other hand, these occupational factors were not linked to road crashes in private trips. Work related road crashes seem then to be a matter for a specific prevention. Preventing employees from becoming exhausted should be considered as the first way to initiate such a prevention.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Occupation; Traffic; Accident; Risk factor; Fatigue

Injury crashes occur in the course of both private trips and work related trips, the latter taking place either during the course of work or while commuting. In France, as in several other countries, injuries that occur when commuting or when at work are treated as occupational injuries for the purposes of compensation. At-work road crashes are the primary cause of occupational fatalities in most industrialised coun-

tries (Personick and Mushinski, 1997; Charbotel et al., 2001), because of their severity. The sociodemographic characteristics of the population groups at risk differ for the three types of accidents (at-work, commuting, or private trips) (Charbotel et al., 2001; Boufous and Williamson, 2006).

Several risk factors have been identified as playing a role in the occurrence of occupational accidents of all types. These include psychological factors (e.g. job satisfaction), work organisation and scheduling, the personal characteristics of employees, environmental and social conditions, in addition to specific work exposures such as chemical, physical, postural hazards (Dembe et al., 2004). For example, a prospective study conducted in Israel (Melamed et al., 1999) has shown that adverse work and environmental conditions, objectively

* Corresponding author at: UMRESTTE, INRETS, 25 Avenue François Mitterrand, Case 24, 69675 Bron Cedex, France. Tel.: +33 4 72 14 25 27; fax: +33 4 72 14 25 20.

E-mail addresses: mireille.chiron@inrets.fr (M. Chiron), marlene.bernard@inrets.fr (M. Bernard), sylviane.lafont@inrets.fr (S. Lafont), emmanuel.lagarde@isped.u-bordeaux2.fr (E. Lagarde).

[A41]

Health Education Research Advance Access published December 6, 2007

HEALTH EDUCATION RESEARCH

Pages 11

The recent dramatic decline in road mortality in France: how drivers' attitudes towards road traffic safety changed between 2001 and 2004 in the GAZEL cohort

A. Constant^{1*}, L. R. Salmi², S. Lafont³, M. Chiron³ and Emmanuel Lagarde⁴

Abstract

A very significant decline in the number of road casualties has been observed recently in France, concomitantly with a dramatic increase in law enforcement. The aim of this study was (i) to assess changes in attitudes about road traffic accident (RTA) prevention initiatives in France from 2001 to 2004 and (ii) to identify factors associated with an increase in positive attitudes towards RTA prevention initiatives. In 2001 and 2004, 9216 participants reported their attitudes towards traffic safety using the same self-administered Driving Behaviour and Road Safety Questionnaire. Sociodemographic, psychological and behavioural data were also available. The mean change in scores analysis showed that support for relaxing existing regulations decreased significantly during this period, while support for heightened enforcement and stricter regulations showed some decrease but remained

high overall, especially concerning blood alcohol content and speed controls. Multivariate analyses suggest that highly educated drivers changed their attitudes towards road safety regulations more than other categories. Our results suggest that increased traffic law enforcement measures led to increasing support for current restrictions. Even if support for additional traffic law enforcement began to wane slightly in 2004, a large part of our population remained in favour of strengthening law enforcement related to speeding and drunk driving.

Introduction

Road traffic accidents (RTAs) are one of the world's largest public health problems, with more than a million deaths annually on the world's roads [1]. In France, RTAs were responsible for roughly 7000 deaths and 100 000 severe injuries a year until 2001 [2]. Road safety engineering and vehicle engineering have been constantly improved in most industrialized countries, contributing to the reduction of injuries and fatalities due to road traffic crashes. However, human factors alone (such as risk behaviour, sleepy driving or driver's error) account for, or contribute to, ~90% of RTAs [3–5].

A very significant decline in the number of road casualties has been observed recently in France. While over a long period (between 1975 and 2001) the average annual decrease in the number of deaths remained around 2.3%, an acceleration has since been noted, with reductions of 6.2% in 2002, 20.9% in 2003 and 8.7% in 2004. Between

¹INSERM U593, Equipe Avenir, Prévention et prise en charge des Traumatismes, IFR99, ISPED, Bordeaux, F-33076, France,

²INSERM U593, Equipe Avenir, Prévention et prise en charge des Traumatismes, IFR99, ISPED, CHU, Service d'informatique médicale, Bordeaux, F-33076, France,

³Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, UMR T9405, Université de Lyon-Université Lyon 1, InVS, Bron, F-69675, France and ⁴INSERM U593, Equipe Avenir, Prévention et prise en charge des Traumatismes, IFR99, ISPED, Bordeaux, F-33076, France

*Correspondence to: A. Constant, INSERM Unité 593, Equipe Avenir Prévention et Prise en Charge des Traumatismes, Université Victor Segalen Bordeaux 2, Case 40, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux, Cedex, France.

E-mail: aymeri.constant@isped.u-bordeaux2.fr

[A42]

Original article

Scand J Work Environ Health 2008;34(4):307–315

Impact of retirement on risky driving behavior and attitudes towards road safety among a large cohort of French drivers (the GAZEL cohort)

by Junaid A Bhatti, MSc,¹ Aymery Constant, PhD,¹ L-Rachid Salmi, PhD,^{1,2} Mireille Chiron, PhD,³ Sylviane Lafont, PhD,³ Marie Zins, MD,⁴ Emmanuel Lagarde, PhD¹

Bhatti JA, Constant A, Salmi L-R, Chiron M, Lafont S, Zins M, Lagarde E. Impact of retirement on risky driving behavior and attitudes towards road safety among a large cohort of French drivers (the GAZEL cohort). *Scand J Work Environ Health* 2008;34(4):307–315.

Objectives This study investigated changes in driving behavior and attitudes towards road safety, following retirement, in a large cohort of road users.

Methods In 2001, 14 226 participants of the GAZEL cohort in France reported their attitudes towards road safety and driving behavior using a self-administered driving behavior and road safety questionnaire. In 2004, 82% of the group (N=11 706) responded to the same questionnaire. Two complementary logistic regression analyses were performed to assess the association of (i) retirement with change in safe driving behavior and attitudes towards road safety between 2001 and 2004 and (ii) time since retirement with risky driving behavior and negative attitudes towards road safety in 2001.

Results Among the participants who were active in 2001 (N=3927), those retiring between 2001 and 2004 (66%) were more likely to have discontinued sleepy driving [adjusted odds ratio (aOR) 2.12, P<0.001] and phone use while driving (aOR 1.74, P=0.006) than those who remained professionally active. The second analysis showed that the likelihood of sleepy driving and phone use while driving decreased soon after retirement, whereas that of speedy driving decreased over a longer interval. Retirement had no influence on driving while intoxicated or attitudes towards road safety.

Conclusions The results suggest that any professional activity may account for some risky road behavior. As work-related road traffic accidents are responsible for one out of every four road casualties in France, the monitoring and prevention of sleepy driving and phoning while driving among workers should be further considered.

Key terms cell phone use; professional activity; road traffic safety; sleepy driving; speedy driving.

Driving behavior has been recognized as the principal cause of road traffic accidents (1), but its relationship to the work environment among nonprofessional drivers has been studied very little (2–4). There is evidence that professional factors may play a role in the risk of being involved in a crash, since road traffic accidents are a leading cause of deaths at work in industrialized countries (5–7). In France, work-related road traffic

accidents are responsible for one road traffic casualty out of every four (6, 8), and 40% of fatal work accidents are road traffic accidents, a proportion that increases to 60% when accidents during commuting to and from work are included (9).

Many studies show that professional drivers, such as taxi or truck drivers, have a higher risk of accident involvement than the general population, mainly because

¹ Equipe Avenir "Prévention et Prise en Charge des Traumatismes", Centre de Recherche "Epidémiologie et Biostatistique", Institut Nationale de la Santé et de la Recherche Médicale Unité 897 (INSERM U897), Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement (ISPED), Université Victor Segalen Bordeaux, Bordeaux, France.

² Service d'information médicale, CHU de Bordeaux, Bordeaux, France.

³ Unité Mixte de Recherche et Surveillance Transport Travail Environnement (UMRESTTE, UMR T9405), Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), Bron, Université de Lyon, Lyon; Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, France.

⁴ Equipe "Risques post-professionnels—Cohortes", Institut Nationale de la Santé et de la Recherche Médicale Unité 687 (U687), Saint Maurice, France.

Correspondence to: JA Bhatti, Equipe Avenir "Prévention et Prise en Charge des Traumatismes", Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale Unité 897 (INSERM U897), Université Victor Segalen Bordeaux 2, Case 11, 146 Rue Léo Saignât, 33076 Bordeaux Cedex, France. [E-mail: junaid.bhatti@yahoo.com]

[A43]

The European Journal of Public Health Advance Access published March 31, 2008

European Journal of Public Health, 1–6
 © The Author 2008. Published by Oxford University Press on behalf of the European Public Health Association. All rights reserved.
 doi:10.1093/ejpub/ckn018

Actual incidences of road casualties, and their injury severity, modelled from police and hospital data, France

Emmanuelle Amoros, Jean-Louis Martin, Sylviane Lafont, Bernard Laumon

Background: Nation-wide road casualty figures usually come from police data. In France, as in many developed countries, the reporting of fatalities is almost complete but the reporting of non-fatal casualties is rather low. It is moreover strongly biased. Valid estimates are needed. **Methods:** Using the capture–recapture method on police data and on a road trauma registry covering a large county of 1.6 million inhabitants, we estimate police under-reporting correction factors that account for unregistered casualties. These correction factors are then applied to the nation-wide police data, with standardization on under-reporting bias factors. **Results:** In 2004, whereas the police report 108 727 non-fatally injured, the estimation yields 400 200. Over the 1996–2004 study period, the average annual estimated incidence is 871/100 000 for all injured (3.4 times the police incidence), 232/100 000 for hospitalized, 103/100 000 for seriously injured (2.2 times the police incidence) and 12.6/100 000 for casualties with long-term major impairment. The incidence of seriously injured (NISS 9+) is 11.3/100 000 for pedestrians, 9.5/100 000 for cyclists, 36.3/100 000 for motorized two-wheel users and 42.5/100 000 for car users. **Conclusions:** The estimated incidences are much higher than the police-based ones. This changes the scale of the road injuries issue. The risk of suffering a major impairment from a road crash is equal to the risk of being killed. Motorized two-wheel users experience a large burden of traffic casualties, much larger than that indicated by police data. The approach used can be reproduced in other countries, if an additional medical registration exists.

Keywords: capture–recapture, impairments, incidences, injuries, traffic accidents

Introduction

In most countries, data on road injuries are provided by the police. In the developed countries, the reporting rate of fatalities is usually rather high, but it is rather low for non-fatal casualties.¹ There is under-reporting, both to and from the police. It is strongly biased, mostly on injury severity, mode of transport and number of vehicles involved (single versus multiple).^{2–4} Another source of registration, namely hospital records, can sometimes be used. When both hospital and police data are available, it is possible to obtain a good estimation of the actual number of non-fatal road casualties and of their injury pattern. This is needed to better define prevention programmes.⁵

In France, only the police data are available at the nation-wide level. A national hospital discharge file exists but external causes of injuries are often not recorded. In the Rhône county, a hospital-based road trauma registry provides a second source of data. At this county level, we confront the two registrations, model the probability of registration by accounting for those not reported at all and estimate police under-reporting correction factors. Applying these correction factors to the nation-wide police data, standardizing on the relevant covariates, we obtain a global picture of the health burden of road accidents at a national scale.

Materials and methods

The projection covers all non-fatal road casualties (counts of fatalities are not corrected as they are almost complete). At the nation-wide level, only the police data is available, but at the Rhône county level, both the police data and the road trauma registry are available. This county has 1.6 million inhabitants, with a large city (Lyon), its suburbs and a rural area. Over the 1996–2004 study period, 83 447 non-fatally injured are reported by the registry, 36 329 by the Rhône police file and 1 353 600 by the nation-wide police file.

Police road crash data

The French police have to write a report for every road crash causing at least one casualty. A road crash is officially defined as a crash involving at least one vehicle (motorized ones and bicycles). The police report should describe everyone involved in the crash, and classify them as non-injured, slightly injured, seriously injured or killed. Slightly injured are out-patients and in-patients with a hospital stay of at the most 6 days. Seriously injured are those requiring a longer hospital stay. Killed are those who died within 6 days of the crash.

The Rhône road trauma registry

A road trauma registry has been in operation since 1995 and has been certified by the relevant French authority.⁶ It covers all casualties from road crashes in the Rhône county, who seek medical care in health facilities. All health care facilities (from public and private hospitals) in the county and its surrounding area, which may receive crash victims participate: about 220 health units ranging from pre-hospital emergency care, emergency departments, intensive care units, surgery units, etc. to rehabilitation departments. Injury assessment is based on all diagnoses established in the different health services a casualty may have visited. Diagnoses are coded with

Transport, Occupational and Environmental Epidemiology Research and Surveillance Unit (UMRESTTE), a joint unit of French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Bron F-69500, University of Lyon, University of Lyon 1 (UCBL) and French Institute for Public Health Surveillance (InVS), Lyon, F-69008, France.

Correspondence: Emmanuelle Amoros, UMRESTTE INRETS, 25 avenue François Mitterrand, 69675 Bron cedex, France, tel: +33 4 72 14 25 31, fax: +33 4 72 14 25 20, e-mail: emmanuelle.amoros@inrets.fr

[A44]

RESEARCH AND PRACTICE

Road Casualties and Changes in Risky Driving Behavior in France Between 2001 and 2004 Among Participants in the GAZEL Cohort

Aymery Constant, PhD, Louis Rachid Salmi, MD, PhD, Sylviane Lafont, PhD, Mireille Chiron, MD, PhD, and Emmanuel Lagarde, PhD

A very significant decline in the number of road casualties has been observed recently in France.^{1,2} Road safety strategy to reduce road traffic collisions usually combines road safety engineering, prevention campaigns, and law enforcement measures. Traffic law enforcements were significantly enhanced in 2002, with an increased crackdown on road violations.

More specifically, speed control efficiency has dramatically improved with the widespread use of laser binocular and automatic speed radars, which were partly responsible for a 14.5% increase in speeding tickets between 2001 and 2004. During the same period, cell phone use while driving was forbidden,³ penalties for drunk driving were enhanced, and a 52% increase in infringements for driving while alcohol intoxicated (DWI) was recorded by authorities. In addition, police forces were ordered in 2002 to put an end to traffic penalty cancellations⁴ (to "fix the ticket" in US parlance), which tended to occur frequently in France when the offender had connections in the public administration or police force.^{5,6}

One of the major conceptual frameworks underlying traffic enforcement is the deterrence theory, which focuses on increasing the individual's perceived expected cost of engaging in illegal activities.^{7,8} The deterrence theory specifies 3 key factors that influence individuals' involvement in law violation, namely the celerity, certainty, and severity of punishment, reflected by a significant effect of increased speed enforcement on both speeding and collision occurrence.^{9–21} Accordingly, measures taken by the French government between 2001 and 2004 might be partly responsible for reductions in speeding and in mean driving speed observed during this period,² but no data are available on whether they affected other risky behaviors.

The deterrent effect of law enforcement might be attenuated among drivers who share characteristics that have been repeatedly associated with risky behavior, such as male

Objectives. We investigated behavioral changes in a large cohort of drivers to identify underlying causes of the decline in road casualties in France.

Methods. In 2001 and 2004, 11 240 participants used self-administered questionnaires to report attitudes toward road safety and driving behaviors. Injury road traffic collisions were recorded from 2001 to 2005 through the cohort's annual questionnaire.

Results. Between 2001 and 2004, speeding and cell phone use decreased concomitantly with a decrease in injury road traffic collision rates among participants. Reported driving while sleepy remained unchanged and driving while alcohol intoxicated was reported by a higher proportion in 2004 than in 2001. Decreases in speeding between 2001 and 2004 were strongly linked with positive attitudes toward road safety in 2001.

Conclusions. In this cohort, speeding and using a cell phone while driving decreased over the 2001 to 2004 period concomitantly with increases in traffic law enforcement and a dramatic decline in road mortality in France. However, the deterrent effect of traffic enforcement policies may have been reduced by negative attitudes toward traffic safety and having had a history of traffic penalty cancellations. (*Am J Public Health*, 2009;99:1247–1253. doi:10.2105/AJPH.2007.126474)

gender,^{22,23} a higher annual driving mileage,^{13–25} a higher occupational category,^{14,16} and driving powerful vehicles.¹⁷ Drivers with a history of having their penalties cancelled are also more prone to drive illegally than are others, given that such practice diminishes the certainty of punishment.⁶ Psychological and motivational factors such as perceived driving ability, sensation seeking, and perceived safety skills have also been found to influence drivers' behavior,^{16–21} and according to social cognition approaches,^{22,23} variables such as attitudes, perceived risk, social norms, and perceived behavioral control are also significant determinants of behavior. In particular, attitudes toward traffic safety have been found to correlate with aggressive driving behavior, speeding, and self-reported accident involvement.^{24–26}

In a previous study, we showed that opinions in favor of road restrictions increased between 2001 and 2004 in our study population, concomitantly with increased traffic law enforcement in France.²⁷ In light of recent road safety successes, it was of interest to assess behavioral changes that occurred during this period among

the same participants, which could help identify the underlying causes behind the rapid decline in road mortality and contribute to the evaluation of traffic regulation initiatives.

We conducted a prospective study in a large cohort of French employees and retirees to describe behavioral changes that occurred between 2001 and 2004. The 3 specific objectives were to (1) identify which risky behaviors reported in 2001 were associated with traffic collisions resulting in injuries in the subsequent 5-year period, (2) assess how drivers' self-reports of these risky behaviors changed between 2001 and 2004, and (3) determine predictors of these changes.

METHODS

Participants

Study participants were current employees or recent retirees of the French national electricity and gas company, Electricité De France-Gaz De France, who volunteered to participate in a research cohort known as the GAZEL cohort. The GAZEL cohort was established in

[A48]

Failure to reduce drinking and driving in France: a 6-year prospective study in the GAZEL cohort

Aymery Constant¹, Sylviane Lafont², Mireille Chiron², Marie Zins³, Emmanuel Lagarde¹ & Antoine Messiah¹

INSERM U897-IFR99, Equipe Avenir Prévention et Prise en Charge des Traumatismes, EPED, Bordeaux, France; ¹INRETS UMRESTTE Université de Lyon, L. IWS, Bron, France² and INSERM U687-IFR69, Saint-Maurice, France³

ABSTRACT

Aim An unprecedented decline in alcohol consumption and road mortality has been observed recently in France, but it is still unclear whether or not these changes affected driving while alcohol-intoxicated (DWI). The objective of the study was to estimate prospectively trends of excessive speed on the roads, alcohol consumption and DWI between 2001 and 2007 in a large cohort of experienced drivers. **Methods** Participants were current employees or recent retirees of the French national electricity and gas company, who volunteered to participate in a research cohort established in 1989 under strict conditions of anonymity. An annual cohort questionnaire is sent to participants that includes two questions about overall alcohol consumption. In 2001 and 2007, 10 684 participants reported their driving behaviours using the same self-administered questionnaire. **Results** Between 2001 and 2007, the proportion of participants ($n = 10\ 684$) who reported having driven at speeds at least 20 km/hour above the limit decreased from 23.7% to 4.1% in built-up areas ($P < 0.001$), from 34.3% to 9.3% on rural roads ($P < 0.001$) and from 24.3% to 2.7% on highways ($P < 0.001$). Regular and non-regular excessive alcohol consumption decreased from 22.7% to 19.7% and from 18.0% to 14.9%, respectively, whereas DWI increased from 22.9% to 25.3% over the same period ($P < 0.001$). **Conclusions** A recent crackdown on road violations by the French government has failed to deter DWI. Given that DWI seems to be a sporadic and rarely punished behaviour, its prevention requires more coercive measures, such as using a breath alcohol ignition interlock device.

Keywords Alcohol, drinking and driving, GAZEL cohort, longitudinal study, risk behaviours, road traffic safety.

Correspondence: Aymery Constant, INSERM U897-IFR99, Equipe Avenir Prévention et Prise en Charge des Traumatismes, EPED, Bordeaux, F-33076, France. E-mail: aymery.constant@eped.u-bordeaux2.fr

Submitted 17 March 2009; initial review completed 21 May 2009; final version accepted 30 June 2009

INTRODUCTION

In France, a country with a long-standing history of tolerance towards alcohol consumption and road traffic offences [1,2], two major public health successes were observed recently. First, rates of alcohol consumption per capita and alcohol-related diseases have decreased continuously over recent decades, concomitantly with an increased awareness of the potential negative effects of alcoholic beverages [3–5]. Secondly, traffic law enforcements were enhanced significantly in 2002, with an increased crackdown on road violations, which helped to reduce mortality significantly on the roads [6]. Recent figures show that road fatalities decreased by 40.1%

between 2001 and 2007 [7], concomitantly with an average 8.5% reduction in observed speed on all road surfaces.

The conjunction of declines in both alcohol consumption and risky road behaviours over a limited period is an unprecedented event, but it is still unclear whether or not these changes have affected driving while alcohol-intoxicated (DWI), because offenders can be detected exclusively through targeted police alcohol checks and in the aftermath of injury/fatal crashes. Awareness of the risk of being drunk when driving has reached excellent levels in Europe because, according to a large-scale study conducted in 2003, 87% of drivers considered DWI as a major cause of road crashes; in France, 92% [4].

[A49]

Alcohol and Alcoholism Advance Access published September 1, 2011

Alcohol and Alcoholism Vol. 0, No. 0, pp. 1–5, 2011

doi: 10.1093/akale/agt126

ORIGINAL ARTICLE

Why Drivers Start Drinking and Driving—A Prospective Study Over a 6-Year Period in the GAZEL Cohort

Aymery Constant^{1,2,3,*}, Gaëlle Encrenaz¹, Marie Zins³, Sylviane Lafont^{4,5}, Mireille Chiron^{4,5}, Emmanuel Lagarde¹ and Antoine Messiah¹¹INSERM U897-IFR99, Equipe Avenir Prévention et Prise en Charge des Traumatismes, ISPED, Bordeaux F-33076, France, ²Social and Behavioural Science Department, EHESP School of Public Health, Rennes Sorbonne Paris Cité, Avenue du Prof Léon Bernard CS 74312, F-35043 Rennes Cedex, France, ³Inserm U1018 Epidemiology of Occupational and Social Determinants of Health, Centre for Research in Epidemiology and Population Health, Villejuif, France,⁴UMR T9405, Ictaz, 69675 Bron, France and ⁵Université de Lyon, 69008 Lyon, France.

*Corresponding author: Tel.: +33-2-99-02-25-93; E-mail: aymery.constant@ehesp.fr

(Received 2 February 2011; in revised form 8 July 2011; accepted 11 July 2011)

Abstract — **Aims:** To estimate the frequency with which a group of formerly safe drivers adopt driving while alcohol-intoxicated (DWI), and to determine the factors associated with DWI adoption. **Methods:** Participants were current employees or recent retirees of the French national electricity and gas company. An annual cohort questionnaire that includes two questions about overall alcohol consumption is sent each year to participants. A Driving Behaviour and Road Safety (DBRS) questionnaire was administered in 2001, 2004 and 2007. Only drivers who participated in the 2001 survey received the 2004 and 2007 questionnaires. **Results:** More than 462 participants ceased DWI between 2001 and 2007, while 511 adopted this behaviour for the first time. Multivariate analysis showed that the risk of adopting DWI was associated with male gender and with several changes over the preceding years: increased alcohol consumption, increased number of close friends, decreased number of close relatives and decreased attitudes in favour of strict enforcement/regulations. **Conclusion:** A large number of offenders stopped DWI between 2001 and 2007, concomitantly with an increased crackdown on road violations in France. But this success was compromised by the occurrence of new drunk drivers. Preventive strategies should target factors that facilitate DWI adoption—in particular, increased alcohol consumption and low acceptance of law enforcement initiatives.

INTRODUCTION

In France, significant law enforcement initiatives were undertaken in 2002 to reduce traffic violations and related-risk behaviours. Speed control efficiency has markedly improved, with the widespread use of laser binocular and automatic speed radars. Regarding alcohol, penalties for drunk drivers were increased, the number of random breath tests rose by 35% (from 6.6 to more than 9.0 million between 2001 and 2007) and violations for driving while alcohol-intoxicated (DWI) doubled over the same period. Police forces were ordered in 2002 to put an end to traffic penalty cancellations, which tended to occur frequently when the offender had connections with the government or police force (Lagarde *et al.*, 2004b).

Several studies have examined the factors related to dangerous driving behaviour or crash involvement, by comparing offenders with the general population. Evidence shows that male gender (Kirkham and Landauer, 1985; Massie *et al.*, 1997), occupational category (Harrison, 1998), high alcohol consumption (Furr-Holden *et al.*, 2009), negative attitudes towards road safety, higher social support for DWI (Bingham *et al.*, 2007) and depression (Hubicka *et al.*, 2009) are associated with DWI. However, cross-sectional designs ignore the possibility of behaviour change over time, while behaviour changes constitute a key issue for evaluating road prevention initiatives. Exposure to driving as well as factors affecting DWI are also likely to vary over time.

Attitudes towards traffic have been found to correlate with aggressive driving behaviour, speeding and self-reported accident involvement (Parker and Manstead, 1996; West and Hall, 1997; Parker *et al.*, 1998; Nabi *et al.*, 2007). We showed in a previous paper that repressive measures taken by the government led to an increasing acceptance of

restrictions, and that a majority of subjects remained, in the long run, in favour of strengthening restrictions related to speeding and drunk driving (Constant *et al.*, 2008). It is still unclear whether or not these changes have affected DWI, since changes in DWI have not been thoroughly investigated.

French national statistics indicate that the percentage of drivers who tested positive for blood alcohol content (BAC) increased between 2001 and 2007. Unlike speeding, DWI offenders cannot be detected through automated devices, thus limiting the probability of being cited (Beck *et al.*, 2009). Strengthening enforcement proved to be ineffective. The results of our previous research in the GAZEL sample were consistent with this trend: the percentage of drunk drivers in our study population increased from 22.9 to 25.3% between 2001 and 2007, while speeding decreased on all types of roads (Constant *et al.*, 2010).

Two explanations might account for this result: either the deterrent effect of law enforcement was insufficient and most drunk drivers continued the practice, or a substantial number of drunk drivers stopped, but a greater number adopted DWI over the same period.

While stopping DWI might be interpreted as a success of prevention initiatives, the adoption of DWI compromises efforts to improve road safety. Investigating the shift from sober to drunk driving and identifying the predicting factors is essential to design prevention strategies. We conducted a prospective study in a large cohort of French employees and retirees to study the adoption of DWI by a group of formerly safe drivers. The specific objectives were: (a) to estimate frequencies of DWI change between 2001 and 2007; and (b) to determine factors associated with the adoption of consistent DWI, defined as DWI in 2004 and 2007 among drivers who reported no DWI in 2001.

5. Articles sur d'autres thèmes

Seule la première page des articles cités ci-dessous est présentée.

- [A4] Lacour A, Mamelle N, Lafont S, Bazin B, Dubuc M, Exbrayat C, Trugeon A, Grosclaude P. Use of mammography as a breast cancer screening tool in six districts in France. *Cancer Detect Prev.* 1997, 21(5): 460-70.
- [A5] Locard E, Mamelle N, Munoz F, Remontet L, Cavelier R, Lafont S. [Is it possible to improve sleep in children? A research on health education in nursery schools]. *Arch Pediatr.* Dec 1997, 4(12): 1247-54.
- [A11] Anglaret X, Chene G, Attia A, Toure S, Lafont S, Combe P, Manlan K, N'Dri-Yoman T, Salamon R. Early chemoprophylaxis with trimethoprim-sulphamethoxazole for HIV-1-infected adults in Abidjan, Cote d'Ivoire: a randomised trial. Cotrimo-CI Study Group. *Lancet.* May 1 1999, 353(9163): 1463-8.
- [A16] Cottraux J, Note I, Yao SN, Lafont S, Note B, Mollard E, Bouvard M, Sauteraud A, Bourgeois M, Dartigues JF. A randomized controlled trial of cognitive therapy versus intensive behavior therapy in obsessive compulsive disorder. *Psychotherapy and Psychosomatics.* Nov-Dec 2001, 70(6): 288-97.
- [A30] Gourvellec G, Anglaret X, Touré S, Huët C, Dakoury-Dobo N, Lafont S, N'Dri-Yoman T, Chêne G, Salamon R, pour le groupe de travail ANRS 1203. Observance chez les adultes infectés par le VIH? Etude d'une prophylaxie primaire des infections opportunistes par le cotrimoxazole en Côte d'Ivoire. *La Presse Medicale.* 2004, 33: 595-600.
- [A37] Hours M, Févotte J, Lafont S, Bergeret A. Cancer mortality in a synthetic spinning plant in Besancon, France. *Occupational and Environmental Medicine.* Sep 2007, 64(9): 575-81.

[A4]

Cancer Detection and Prevention, 21(5):460-470 (1997)

Use of Mammography as a Breast Cancer Screening Tool in Six Districts in France

Anne Lacour, Ph.D.,^a Nicole Mamelle, Ph.D.,^a Sylviane Lafont, M.S.,^a
Beatrice Bazin, M.S.,^b Myriam Dubuc, M.D.,^c Catherine Exbrayat, M.D.,^d
Alain Trugeon, M.D.,^e and Pascal Grosclaude, M.D.^f

^aNational Institute for Health and Medical Research U265, Lyon, France; ^bArdennes Epidemiology, Charleville Mézières, France; ^cPublic Health Laboratory, Marseille, France; ^dCancer Registry in Isère District, Meylan, France; ^eHealth Regional Observatory in Picardie Region, Amiens, France; ^fCancer Registry in Tarn District, Albi, France

Address all correspondence and reprint requests to: Nicole Mamelle, Ph.D., INSERM U265, 151 Cours A. Thomas, 69424 Lyon, Cedex 03, France.

ABSTRACT: Mass screening programs to detect breast cancer are currently under way in many countries. In France, several districts have been running mammographic screening programs since 1989. A survey was conducted in five of these districts and in a sixth district where no screening program was implemented. Using a self-addressed questionnaire mailed to a sample of 1500 women aged over 20 years, the survey was aimed at assessing women's use of mammography as well as their knowledge and perception of mammographic breast cancer screening. According to district, the compliance of the women replying to the questionnaire ranged from 72 to 82%. The proportion of women who had at least one mammography during their life ranged from 41 to 54%, according to district. The percentage of women aged 50 to 69 who had one mammography within 3 years before the survey ranged from 57 to 78% in the experimental districts and was only 48% in the control district. In all districts, women did not know exactly at what age it is recommended to start screening and with what periodicity, but, when invited to do so, they were satisfied with the program and intended to participate again.

KEY WORDS: breast cancer, mammography, screening, survey.

I. INTRODUCTION

The aim of breast cancer screening is to detect breast cancer at an early stage in an asymptomatic population, and thus to improve survival. Mammographic breast cancer screening is an important element of public health decisions. Its effectiveness for mortality reduction has been demonstrated in women aged 50 to 69 by two randomized trials: the Health Insurance Plan of Greater New York Trial (HIP) in the United States,¹⁻⁴ and the Swedish Two-County Trial.⁵⁻⁷ An overview of the Swedish randomized trials (Two-Counties, Malmö, Stockholm, and Göteborg) also demonstrated a significant reduction in mortality rates in women aged 50 to 69.⁸ While the effectiveness of mammographic screening is clearly established at this age, it is still unclear and much debated under 50 years of age.⁹⁻¹¹

In France, a pilot breast cancer screening campaign was started in 1989 under the auspices of the

National Fund for Health Prevention, Education, and Information (FNPEIS) of the National Health Insurance Fund of Salaried Workers (CNAMTS). Ten districts were chosen to experiment with this screening program, performed in existing radiology offices, both public and private. The target population invited to take part in screening programs included women aged 50 to 69 years. The periodicity of the screening was 3 years. The modalities of invitation varied from one district to another. The protocol of these programs has been previously specified.¹²

Prior to the establishment of these screening programs, diagnostic mammography was commonly prescribed by physicians for breast surveillance without warning signs or a family history of cancer. We give the name of "self-referred screening" to such physician- or patient-initiated mammographic examinations performed for screening purposes outside a screening program.

The health and financial purpose of organized

0361-090X/97/\$10.50

© 1997 International Society for Preventive Oncology

[A5]

COPYRIGHT 2004 INIST CNRS. Tous droits de propriété intellectuelle réservés. Reproduction, représentation et diffusion interdites. Loi du 01/07/92, Articles 5, 6 et 7 des CGV.

Arch Pédiatr 1997;4:1247-1254
© Elsevier, Paris

Santé publique

Peut-on améliorer le sommeil des enfants ? Une recherche action en éducation pour la santé à l'école maternelle*

E Locard^{1,2}, N Mamelle³, F Munoz³, L Remontet³, R Cavalier¹, S Lafont³¹ Association départementale d'éducation pour la santé du Rhône (ADESR), 71, quai J-Courmont, 69002 Lyon ;² service Santé-Prévention, conseil général du Rhône, 141, rue Pierre-Cornille, 69003 Lyon ;³ Inserm U265, 151, cours A-Thomas, 69424 Lyon cedex 03, France

(Reçu le 19 mars 1997 ; accepté le 9 septembre 1997)

Résumé

Un programme d'éducation pour la santé à l'école maternelle a été mis en œuvre afin d'améliorer le sommeil des jeunes enfants. La méthode retenue est celle d'une intervention avec randomisation en deux groupes (groupe intervention et groupe témoin), des enfants de 3 ans inscrits à l'école maternelle dans le département du Rhône en 1992 (140 classes et 1 500 enfants par groupe). L'intervention, d'une durée de 2 ans, a été réalisée par les médecins de protection maternelle et infantile et de santé scolaire. Leur rôle, lors des bilans de santé, était de mobiliser les équipes pédagogiques, de diffuser des outils pédagogiques spécifiques, et de sensibiliser les familles au respect des rythmes de sommeil des enfants. L'évaluation de ce programme a été faite en recourant à une analyse statistique utilisant un modèle de régression logistique avec prise en compte des facteurs de confusion potentiels, complétée par une analyse en sous-groupes. Cette évaluation a porté sur les modifications des connaissances des familles et de la durée de sommeil des enfants. Les résultats montrent la faisabilité d'une telle intervention sur une large population d'enfants scolarisés en école maternelle, ainsi que l'efficacité de l'intervention, d'une part au niveau des connaissances des familles avec une diminution significative du risque de « mauvaises connaissances » (OR = 0,76), notamment en zone urbaine, et, d'autre part, chez les enfants avec réduction significative du risque de « nuit courte » (OR = 0,50) dans le sous-groupe des enfants « petits dormeurs à 3 ans » des familles de bas niveau social.

Éducation (santé) / sommeil / école maternelle

Summary – Is it possible to improve sleep in childhood? A programme of health education at nursery school.

An educational project in nursery schools was carried out with the aim to improve children's sleep. Its effectiveness was tested in terms of awareness of families and length of sleep of children. The method was a prevention trial based on the random division of classes of 3-year old into two groups (intervention group and control group) comprising children enrolled in nursery schools in the Rhône region (France) in 1992. The project, lasting 2 years, relied on physicians from the community (Maternal, Child Health Service and School Health Service), their role being to mobilize the teaching teams, distribute specific teaching tools and raise awareness of families to respect the sleep patterns of children, during routine medical examinations. The study was carried out in 140 nursery schools with 1,500 children in each group. The evaluation was based on the application of a logistical regression model taking potentially confounding factors into account, and an analysis in sub-groups in order to demonstrate the effectiveness of intervention on particularly exposed groups. The results show: 1) the feasibility of such an intervention among nursery school children on a large scale, 2) the effectiveness of the action, with a reduction of the risk of "poor knowledge" among parents (OR = 0.76), particularly in urban areas, and a reduction in the risk "short nights" in the sub-group of children who had "little sleep at 3 years" in low social class families (OR = 0.50).

health education / sleep / schools, nursery

* Cette étude a bénéficié de subventions de la part de l'Institut Électricité Santé et de la Caisse primaire centrale d'assurance maladie de Lyon.

[A11]

ARTICLES

Articles

Early chemoprophylaxis with trimethoprim-sulphamethoxazole for HIV-1-infected adults in Abidjan, Côte d'Ivoire: a randomised trial

Xavier Anglaret, Geneviève Chêne, Alain Attia, Siaka Toure, Sylviane Lafont, Patrice Combe, Kassi Manian, Thérèse N'Dri-Yoman, Roger Salomon, and the Cotrimo-CI study group*

Summary

Background In sub-Saharan Africa, various bacterial diseases occur before pneumocystosis or toxoplasmosis in the course of HIV-1 infection, and are major causes of morbidity and mortality. We did a randomised, double blind, placebo-controlled clinical trial at community-health centres in Abidjan, Côte d'Ivoire, to assess the efficacy of trimethoprim-sulphamethoxazole (co-trimoxazole) chemoprophylaxis at early stages of HIV-1 infection.

Method 843 HIV-infected patients were screened and 545 enrolled in the study. Eligible adults (with HIV-1 or HIV-1 and HIV-2 dual seropositivity at stages 2 or 3 of the WHO staging system) received co-trimoxazole chemoprophylaxis (trimethoprim 160 mg, sulphamethoxazole 800 mg) daily or a matching placebo. The primary outcome was the occurrence of severe clinical events, defined as death or hospital admission irrespective of the cause. Analyses were by intention to treat.

Findings Four of the randomised patients were excluded (positive for HIV-2 only). 120 severe events occurred among 271 patients in the co-trimoxazole group and 198 among 270 in the placebo group. Significantly fewer patients in the co-trimoxazole group than in the placebo group had at least one severe event (84 vs 124); the probability of remaining free of severe events was 63.7% versus 45.8% (hazard ratio 0.57 [95% CI 0.43–0.75], $p=0.0001$) and the benefit was apparent in all subgroups of initial CD4-cell count. Survival did not differ between the groups (41 vs 46 deaths, $p=0.51$). Co-trimoxazole was generally well tolerated though moderate neutropenia occurred in 62 patients (vs 26 in the placebo group).

Interpretation Patients who might benefit from co-trimoxazole could be recruited on clinical criteria in community clinics without knowing the patients CD4-cell

count. This affordable measure will enable quick public-health intervention, while monitoring bacterial susceptibility and haematological tolerance.

Lancet 1999; **353**: 1463–68

Introduction

By the end of 1997, the United Nations' AIDS programme and the WHO estimated that 20.8 million adults were infected with HIV in sub-Saharan Africa.¹ In Abidjan, Côte d'Ivoire, AIDS is the leading cause of adult death.² In this large urban centre of West Africa, the prevalence of HIV infection has been estimated at 20% in adults attending outpatient services of community health centres,³ and more than 50% in many hospital departments.⁴ In Abidjan, where both HIV-1 and HIV-2 are present, more than 90% of HIV-infected people are infected with HIV-1, with or without HIV-2 coinfection.⁴ Public-health measures aim to improve the quality of life of HIV-1-infected patients; and to decrease the number of patients presenting with opportunistic infections.

Prevention of opportunistic infections could provide both individual and public-health benefits. However, international guidelines on HIV are difficult to tailor to the African environment, because of: the limited resources of HIV-1-infected people and health-care infrastructures; the different range of disease associated with HIV-1, including the overwhelming burden of tuberculosis as the primary cause of mortality and the low prevalence of *Pneumocystis carinii* infection;^{5,7} and the difficulty in basing chemoprophylaxis recommendations on a threshold of CD4-cell count when cell counting is not routinely available.⁸

Various bacterial and parasitic pathogens (other than *Pneumocystis carinii*) such as salmonella other than *Salmonella typhi*, *Streptococcus pneumoniae*, *Toxoplasma gondii*, and *Isospora belli*, are major non-tuberculous causes of HIV-1-related morbidity in Africa.^{9–12} Trimethoprim-sulphamethoxazole (co-trimoxazole) prevents toxoplasmosis¹³ and isosporiasis,¹⁴ and might protect against HIV-1-related bacterial diseases,^{15–17} which have a higher incidence in Africa than in industrialised countries,⁵ and occur at an earlier stage of HIV-1 immunosuppression than pneumocystis or toxoplasma infections.^{10,14}

We assessed the efficacy of co-trimoxazole prophylaxis in decreasing the occurrence of severe clinical events in African adults seropositive for HIV-1 at early stages of HIV-1 infection.

*Other members listed at end of paper

Centre de Diagnostic et de Recherches sur le SIDA (CeDRoS), CHU de Treichville, Abidjan, Côte d'Ivoire (X Anglaret MD, P Combe PhD, S Toure MD); Unité INSERM 330, Université Bordeaux 2 Victor Segalen, Bordeaux, France (G Chêne PhD, S Lafont MD, R Salomon PhD); Service de Médecine, CHU de Yopougon, Abidjan, Côte d'Ivoire (A Attia MD, K Manian MD, T N'Dri-Yoman MD)

Correspondence to: Dr Xavier Anglaret, Centre de Diagnostic et de Recherches sur le SIDA (CeDRoS), 01 BP 1839, Abidjan 01, Côte d'Ivoire (e-mail: cedres@ethiconline.co.ci)

[A16]

Psychotherapy
and Psychosomatics

Regular Article

Psychother Psychosom 2001;70:288–297

A Randomized Controlled Trial of Cognitive Therapy versus Intensive Behavior Therapy in Obsessive Compulsive Disorder

Jean Cottraux^a Ivan Note^b Sai Nan Yao^a Sylviane Lafont^c Brigitte Note^b
Evelyne Mollard^a Martine Bouvard^a Alain Sauteraud^d Marc Bourgeois^d
Jean-François Dartigues^c

^aAnxiety Disorder Unit, Hôpital Neurologique, University of Lyon; ^bBehavior Therapy Unit, University of Marseille; and Departments of ^cEpidemiology and ^dPsychiatry, University of Bordeaux, France

Key Words

Obsessive-compulsive disorder · Cognitive therapy · Behavior therapy · Exposure · Randomized controlled trial

Abstract

Background: The study was designed to compare cognitive therapy (CT) with intensive behavior therapy (BT) in obsessive-compulsive disorder (OCD) and to study their change process. **Methods:** Sixty-five outpatients with DSM-4 OCD were randomized into 2 groups for 16 weeks of individual treatment in 3 centers. Group 1 received 20 sessions of CT. Group 2 received a BT program of 20 h in two phases: 4 weeks of intensive treatment (16 h), and 12 weeks of maintenance sessions (4 h). No medication was prescribed. **Results:** Sixty-two patients were evaluated at week 4, 60 at week 16 (post-test), 53 at week 26 and 48 at week 52 (follow-up). The response rate was similar in the 2 groups. The Beck Depression Inventory (BDI) was significantly more improved by CT ($p = 0.001$) at week 16. The baseline BDI and Obsessive Thoughts Checklist scores predicted a therapeutic response in CT, while the baseline BDI score predicted a response in BT. At week 16, only the changes in Yale-Brown Obsessive-Compul-

sive Scale (Y-BOCS) and a scale measuring the interpretation of intrusive thoughts correlated in CT, while the changes in Y-BOCS, BDI, and interpretation of intrusive thoughts correlated in BT. Improvement was retained at follow-up without a between-group difference. The intent-to-treat analysis (last observation carried forward) found no between-group differences on obsessions, rituals and depression. **Conclusions:** CT and BT were equally effective on OCD, but at post-test CT had specific effects on depression which were stronger than those of BT. Pathways to improvement may be different in CT and BT. The outcomes are discussed in the light of an effect size analysis.

Copyright © 2001 S. Karger AG, Basel

Introduction

The effectiveness of behavior therapy (BT), under the form of exposure with response prevention (ERP) for obsessive-compulsive disorder (OCD) has been demonstrated in controlled studies and meta-analyses [1, 2]. To date less attention has been paid to cognitive therapy (CT).

KARGER

Fax +41 61 306 1234
E-Mail karger@karger.ch
www.karger.com

© 2001 S. Karger AG, Basel
0033-3190/01/0706-0288\$17.50/0

Accessible online at:
www.karger.com/journals/psy

Dr. Jean Cottraux
Anxiety Disorder Unit, Neurological Hospital of Lyon
59 boulevard Firdel
F-69003 Lyon (France)
Tel. +33 4 72 11 80 65, Fax +33 4 72 55 73 30, E-Mail: cottraux@univ-lyon1.fr

[A30]

Presse Med 2004, 33 : 595-600

© 2004, Masson, Paris

CONTRIBUTIONS ORIGINALES

Article

G. Gourvellec¹
 X. Anglaret^{1,2}, S. Touré¹,
 C. Huët¹, N. Dakoury-
 Dogbo¹, S. Lafont^{1,2},
 T. N'Dri-Yoman^{1,3},
 G. Cbène^{1,2}, R. Salamon^{1,2},
 pour le groupe de travail
 ANRS 1203

Observance chez les adultes infectés par le VIH

Étude d'une prophylaxie des infections opportunistes par le cotrimoxazole en Côte d'Ivoire

Summary

Observance in adults infected by the HIV
 Study of a prophylaxis of opportunistic infections with cotrimoxazole in the Ivory Coast

Background The compliance to a daily treatment for illimited duration and the factors that influence it have been rarely studied in sub-Saharan Africa.

Objective Describe the compliance to prophylaxis with cotrimoxazole fort (one tablet per day) and its associated factors in patients infected by HIV participating in a clinical trial in Abidjan.

Method The tablets packed in individual blisters were provided every month, and the blisters were recuperated the following month. A global compliance ratio (GCR) was established for each patient (empty blisters at the end of the study/follow-up period during the study) and monthly compliance ratio (MCR) (empty blisters during a visit/time lapse since last visit). For each monthly visit foreseen in the protocol, a respect of the appointment ratio (RAR) was described (visits foreseen in the protocol respected that month/visits foreseen in the protocol). The association of GCR with the characteristics of inclusion was studied using logistic regression methods.

Results 530 adults were followed-up for a mean of 10 months. The MCR and the RAR progressed in parallel, decreasing the first 5 months and stabilizing at around 0.80 for the RAR and 0.70 for the MCR. The mean GCR was of 0.77. Three hundred and nine patients (58%) were considered as compliant ($0.80 < GCR < 1$). In multivariate analysis, those belonging to the group of compliers were associated with a paid occupation and with a past of tuberculosis, and was not associated with age, gender, level of education, nationality, civil status, number of persons in the home, proximity of a care center, clinical grade or CD4.

Discussion The estimated compliance was correct and stable. The association with a history of tuberculosis suggests that a person having already followed prolonged daily treatment would be more readily compliant to other long term treatments.

Conclusion In Africa, cotrimoxazole is initiated long before the stage of antiretroviral treatment. The concern regarding the efficacy of such prophylaxis raises the question of compliance early on in the disease.

This prepares the teams that organize the management of such patients to being faced with the problems of compliance to antiretrovirals.

G. Gourvellec, X. Anglaret, S. Touré, C. Huët et al.
 pour le groupe de travail ANRS 1203
 Presse Med 2004, 33 : 595-600 © 2004, Masson, Paris

Résumé

Contexte L'observance d'un traitement quotidien à durée illimitée et les facteurs qui l'influencent ont été très peu étudiés en Afrique sub-saharienne.

Objectif Décrire l'observance de la prophylaxie des infections opportunistes par le cotrimoxazole fort (un comprimé par jour) et les facteurs qui y sont associés chez des adultes infectés par le VIH participant à un essai thérapeutique à Abidjan.

Méthode Les comprimés conditionnés dans des blisters individuels étaient délivrés chaque mois, et les blisters vides récupérés le mois suivant. Pour chaque personne ont été calculés un ratio global d'observance [RGO] (blisters vides à la fin de l'essai/temps de suivi dans l'essai) et des ratios mensuels d'observance [RMO] (blisters vides lors d'une visite/temps écoulé depuis la dernière visite). Pour chaque visite mensuelle protocolaire a été décrit un ratio du respect des rendez-vous [RRV] (visites protocolaires réalisées ce mois là/visites prévues par le protocole). L'association du RGO avec les caractéristiques à l'inclusion a été étudiée par régression logistique.

Résultats 530 adultes ont été suivis en moyenne 10 mois. Le RMO et le RRV ont évolué en parallèle, décroissant les 5 premiers mois et se stabilisant à 0,80 pour le RRV et 0,70 pour le RMO. La moyenne du RGO a été de 0,77. Trois cent neuf participants (58 %) ont été considérées comme observantes ($0,80 \leq RGO \leq 1$). En analyse multivariée, l'appartenance au groupe des observants était associée à une occupation rémunératrice et à un antécédent de tuberculose, et non associée à l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, la nationalité, l'état civil, la taille de la maison, la proximité du domicile du centre de soins, le stade clinique, les CD4.

Discussion L'observance estimée a été correcte et stable. L'association avec un antécédent de tuberculose fait supposer qu'une personne ayant déjà suivi un traitement quotidien prolongé sera plus facilement observante d'autres traitements longs.

Conclusion En Afrique, le cotrimoxazole est débuté bien avant le stade de mise sous traitement antirétroviral. Le souci de l'efficacité de cette prophylaxie incite à aborder les questions d'observance tôt dans la maladie. Ceci prépare les équipes qui organisent la prise en charge à se confronter aux problèmes d'adhésion aux antirétroviraux.

1 - Programme PAC-CI,
 Abidjan,
 Côte d'Ivoire

2 - Inserm U 583,
 Université Victor Segalen
 Bordeaux 2,
 Bordeaux (33)

3 - Service de gastro-
 entérologie,
 Chu de Yopougon,
 Abidjan,
 Côte d'Ivoire

Correspondance :
 Xavier Anglaret
 Unité Inserm 583
 Université Victor Segalen
 Bordeaux 2
 146, rue Léo Saignat
 33076 Bordeaux Cedex
 Xavier.Anglaret@sped.
 u-bordeaux2.fr

Cette étude a été financée par l'Agence nationale de recherches sur le sida (ANRS, Paris), le ministère français des affaires étrangères, et le programme national de lutte contre le sida, les MST, et la tuberculose de Côte d'Ivoire, réunis au sein du programme PAC-CI.

[A37]

575

ORIGINAL ARTICLE

Cancer mortality in a synthetic spinning plant in Besançon, France

M Hours, J Févotte, S Lafont, A Bergeret

Occup Environ Med 2007;64:575-581. doi: 10.1136/oem.2006.028282

See end of article for authors' affiliations

Correspondence to: M Hours, Epidemiological Research and Surveillance Unit in Transport Occupation and Environment, INRETS, UMR T9002, Bron, F-69500, France; marline.hours@inrets.fr

Accepted 8 December 2006
Published Online First
16 January 2007

Objectives: To assess the mortality of a cohort of workers in a synthetic textile spinning plant and to evaluate the relationship between mortality from lung, liver and bladder cancer and the processes or the products used.

Methods: The study population consisted of male workers present for at least 6 months in the plant from 1968 to 1984. The cohort was followed until 1999. Vital status and the causes of death were determined by consulting national registries. The population of the Franche-Comté region was used for comparison. In total, 17 groups of exposure were assessed by the industrial hygienist, based on the consensus of an expert group that determined the exposure levels of each job to selected occupational hazards. Each worker was assigned to one or several groups, according to his occupational history. Confounding factors could not be assessed. Standardised mortality ratios (SMR) and 95% bilateral confidence intervals were calculated based on an assumed Poisson distribution of the number of cases to compare the plant mortality and the population mortality. Internal analyses were performed with Cox models in order to assess the risks of death related to the various exposures.

Results: In the whole cohort, mortality from all malignant neoplasms was lower than expected, but this was not significant. All the estimated SMRs were lower than or close to 1. The "hot-line fitters" (RR = 2.13; n = 9; 1.06 to 4.29) and the "fibre-drawing workers" (RR = 1.83; n = 20; 1.09 to 3.07) experienced a statistically significant excess in mortality from lung cancer. A slightly elevated but not significant risk of death related to lung cancer (RR = 1.5; n = 41; 0.8 to 2.7) was observed in the groups with the highest exposure to mineral fibres. A statistically significant increase in cancer deaths was observed for workers with high exposure to dust (higher intensity: RR = 1.42; n = 79; 1.06 to 1.89).

Conclusion: Some findings, mainly of lung cancer, justify further exploration in other plants in this industry,

Several publications have suggested an increased cancer risk in the textile industry,¹⁻⁷ but there is no consensus on the type of cancer, processes or jobs at risk. An increased risk of bladder cancer has been observed in various workers such as dyers,² spinners and winders.³ An excess of lung cancer has been described in weavers⁴ and an increase in non-Hodgkin lymphomas was reported in a cellulose acetate fibre plant.⁵ Similarly, various other exposures have been suspected: asbestos, cellulose triacetate,⁶ fabric dust,¹¹⁻¹⁴ or formaldehyde.¹⁵ In 1995, occupational physicians in Besançon (Franche-Comté region, France) were concerned about the diagnosis of cancer among workers in their care. They noticed that these workers had all been employed in a synthetic spinning factory that had ceased production in Besançon 15 years previously. Upon enquiry, it appeared that heat-transfer fluids, textile lubricants, heated polyester polymers, heated polyamide polymers and mineral fibres including asbestos were the products in closest proximity to these workers when in the plant. No publication on cancer risk related to synthetic textile spinning was found, but we had reported previously¹⁶ an increased risk of mortality for lung, bladder and liver cancer in a chemical plant, which synthesised nylon and polyester (Tergal) polymers used in Besançon. At the request of the local occupational physicians, a mortality cohort study was designed, which aimed to compare the mortality of workers from this plant with the mortality of the general population and to evaluate the possibility of an excess in mortality within the cohort in relation to the different processes and products, specifically lung, bladder and liver cancer mortality.

METHODS

Population

The study population consisted of all male workers employed in the factory from 1968 to 1984 for at least 6 months. Name, date

and place of birth, work history, start and finish dates of employment in specific jobs within the plant were collected through the legal registry of employees and individual occupational records. Vital status was ascertained by consulting the population registry for France, and the causes of death for deceased subjects were obtained from the French causes of death registration department. The matching process was probabilistic and used four keys (sex, date of birth, date and place of death) because registration of cause of death is anonymous in France. A small number of workers could not be traced for their vital status or for the cause of death. Person-years were calculated within the period of follow-up, which began on 1 January 1968 (start date of the death registration department in France) for workers already in service at this date and at the time of first employment for all others. In all cases, the beginning of follow-up was lagged by 6 months to account for the minimum duration. Follow-up ended at the date of death, at 31 December 1999 for surviving workers, or at the date of departure for workers who were lost to follow-up. No data were available for confounding factors such as tobacco and alcohol consumption, as at that time the doctors did not record this information in their files.

Plant

The plant started spinning polyester fibres and thread in 1955, then added polyamide spinning in 1958. The raw material (polyester and polyamide polymers) was received from another factory in granular form, and pumped directly to the fourth level of the factory to be dried before the start of a vertical

Abbreviations: RR, relative risk; SEG, similar exposure group; SMR, standardised mortality ratio; TWA, time-weighted average

www.occenvmed.com

6. Résumé des travaux menés sur le vieillissement et l'insécurité routière

Le vieillissement et en particulier les aspects neuropsychologiques du vieillissement des personnes constituent l'axe principal autour duquel se déclinent beaucoup de mes travaux de recherche. A l'Inserm tout d'abord, je contribue à la recherche de facteurs qui caractérisent le vieillissement respiratoire et fonctionnel, de facteurs de risque de démence, et sur des travaux portant sur des aspects neuropsychologiques du vieillissement. Pour cela, des approches épidémiologiques et expérimentales sont associées et contribuent à une meilleure connaissance du vieillissement normal et pathologique. En arrivant à l'Inrets, je prends en charge la thématique du vieillissement et de l'insécurité routière. J'explore ce nouveau champ en m'appuyant sur des bases de données existantes et sur de nouveaux projets. Dès lors, mon activité de recherche portera essentiellement sur la problématique du vieillissement et de l'activité de conduite automobile.

Je contribue dans un premier temps à quantifier les enjeux de sécurité routière liés au vieillissement des conducteurs. Je m'intéresse plus particulièrement au risque pour autrui que je quantifie en années de vie perdues attribuées aux conducteurs selon leur responsabilité dans l'accident. J'utilise deux méthodes d'estimation de la responsabilité et les deux démontrent une moindre dangerosité des conducteurs âgés vis-à-vis des autres usagers, et cela par rapport à des conducteurs plus jeunes. L'ensemble du bilan sur l'accidentalité des conducteurs âgés ne justifie pas la mise en place d'une procédure de contrôle systématique de l'aptitude à la conduite basé sur le critère de l'âge. Néanmoins, plusieurs fonctions et processus sont fréquemment touchés dans le vieillissement : les fonctions sensorielles, la vitesse de traitement des informations, les capacités d'attention, les fonctions exécutives, et les processus d'inhibition. Même s'ils sont plus sévèrement touchés dans certaines pathologies comme la démence, ils sont susceptibles d'altérer l'aptitude à la conduite dans un vieillissement normal, et augmenter le risque d'accident.

Pour comprendre les facteurs de risque d'accident des conducteurs âgés, il est nécessaire de les expliquer au regard des facteurs qui modifient l'activité de conduite. La diminution de l'exposition au risque se manifeste souvent par une réduction des distances conduites, des évitements de situations de conduite jugées difficiles, ou encore par l'arrêt complet de l'activité. Ces changements peuvent être des réponses aux changements sensori-moteurs et cognitifs liés au vieillissement. Ainsi, l'autorégulation de l'activité de conduite devient peu à peu ma principale question de recherche. J'encadre une thèse sur l'impact des pathologies neurodégénératives telles que la démence sur la régulation de la conduite et sur l'effet spécifique du sexe dans celle-ci. En parallèle, j'explore dans le cadre d'un vaste projet ANR une hypothèse de recherche sur l'existence d'une autorégulation de la conduite, hypothèse qui s'est construite sur nos travaux antérieurs. Les personnes régulent leur activité de conduite si elles ont une auto-estimation correcte de leurs capacités cognitives. Une surestimation de ces dernières les amènerait à surestimer aussi leurs capacités de conduite, ne pas modifier leurs habitudes de conduite, ce qui les exposerait à un plus grand risque d'accident. Inversement, une sous-estimation des capacités cognitives auraient pour effet un arrêt prématuré de la conduite ce qui les exposerait à un risque de perte de mobilité, d'autonomie, ou de lien social, et « également au risque de dépression. Je constitue une équipe pour mettre en place une cohorte de 1200 conducteurs âgés. En mettant en regard une évaluation objective des capacités cognitives par des tests neuropsychologiques, et une évaluation subjective par des questions d'auto-estimation des habiletés cognitives dans les activités de la vie quotidienne, trois groupes de conducteurs sont constitués : des sur-estimateurs, des estimateurs corrects, et des sous-estimateurs de leurs capacités

cognitives. Chacun des groupes présente des caractéristiques spécifiques en âge, sexe, mode de vie, symptomatologie dépressive, et traits de personnalité. Le volet expérimental du projet démontre une relation significative entre l'auto-évaluation cognitive et l'auto-évaluation de la conduite. D'autres résultats sont attendus, en particulier l'existence d'une autorégulation différente dans les trois profils d'auto-estimation des capacités cognitives.

En parallèle, je travaille sur une meilleure compréhension du faible risque d'accident des déments, malgré des déficits qui impactent les capacités de conduite. La connaissance du processus d'arrêt de la conduite dans le processus démentiel et même dans la phase pré-diagnostique est essentielle pour mieux accompagner l'arrêt de cette activité. Par ailleurs, l'hétérogénéité observée grâce à des études expérimentales nous amène à conclure à l'insuffisance du seul diagnostic pour interdire la conduite.

La question du vieillissement de la population et de l'insécurité routière entre dans le « Thème 1. *Facteurs de risque dans les champs du transport, de l'environnement et du travail* » du projet quinquennal de l'Umrestte, et plus précisément dans le sous-thème des facteurs de risque individuels. Dans leur rapport d'évaluation, le Comité d'experts du HCERES juge ces travaux pertinents. Du point de vue de l'Ifsttar, ces travaux contribuent à l'axe 1 du nouveau COP (2017-2020), «Transporter efficacement et se déplacer en sécurité », et plus précisément à l'objectif 2 qui est de « Renforcer la sécurité et l'ergonomie des déplacements, pour une mobilité sereine et respectueuse de la vie humaine ». Enfin au plan national et institutionnel, les travaux sur ce thème s'inscrivent dans la Loi 2015-1776 du 28 décembre 2015 relative à l'adaptation de la société vieillissante et qui vise à organiser les effets de l'allongement de la vie et du vieillissement des personnes âgées, notamment pour permettre l'accessibilité et la sécurité de leurs déplacements. Je viens d'être nommée pour trois ans au Comité des experts placé auprès du Délégué interministériel à la sécurité routière et du Président du Conseil national de la sécurité routière.