

SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET CONDUCTEURS ÂGÉS: UNE ANALYSE EXPÉRIMENTALE SUR LES FACTEURS HUMAINS.

G.FANCELLO, E.PANI & P.FADDA

Crimm – Département d'Ingenierie du Territoire sect. Transports– Univ. de Cagliari (Italy)
gianfra@unica.it epani@unica.it fadda@unica.it

RÉSUMÉ

Cette étude vise à identifier les manoeuvres et les conditions de conduite les plus à risque pour les automobilistes âgés ainsi qu'à reconnaître le lien entre les manoeuvres les plus importantes et les facteurs humains, surtout en ce qui concerne la perception des stimulus externes et les décisions à prendre au volant.

On a donc choisi un échantillon significatif de conducteurs témoins (160 personnes) de plus de 65 ans, auxquels on a posé méthodiquement 70 questions d'un questionnaire sur leur comportement au volant.

Ces données ont été analysées à l'aide de techniques traditionnelles (ANOVA) ainsi que multidimensionnelles (Analyse des correspondances multiples et cluster), à fin de souligner les relations entre les variables les plus significatives.

MOTS CLÉS

Sécurité routière / conducteurs âgés / facteurs humains

1. INTRODUCTION

Dans le domaine des analyses sur la sécurité active, on constate depuis quelques années une grande attention vers l'étude des comportements au volant des conducteurs qui ont plus de 65 ans. D'un côté, en effet, l'amélioration des espérances de vie, les progrès dans le domaine médical, la majeure offre (d'occupation et non) à des tranches plus vastes de la population, ont déterminé une hausse, absolue et pour cent, du nombre des personnes âgées actives, et donc, de leurs exigences à se déplacer de façon autonome.

De l'autre côté, pourtant, de différentes études ont montré comment la condition psychophysique, l'habitude à la conduite et la façon d'effectuer certaines manoeuvres changent selon l'âge: en particulier, on a pu constater que les conducteurs de plus de 65 ans subissent un affaiblissement plus rapide de leurs facultés psycho-physiques et de leur niveau de concentration au volant, ce qui peut comporter une hausse des probabilités d'accidents occasionnés par des erreurs. Tout cela aurait lieu, quoique les conducteurs âgés soient souvent "plus prudentes" au volant grâce à leur expérience maturée et à une majeure prise de conscience des dangers potentiels.

Cette étude vise à identifier les manoeuvres et les conditions de conduite les plus à risque pour les automobilistes âgés ainsi qu'à reconnaître le lien entre les manoeuvres les plus importantes et les facteurs humains, surtout en ce qui concerne la perception des stimulus externes et les décisions à prendre au volant.

Une précédente étude sur les conducteurs âgés en Italie a mis en lumière que les manoeuvres les plus difficiles sont les virages à gauche dans les intersections, les déboîtements ou les insertions dans la circulation, la conduite pendant la nuit ou en conditions de visibilité réduite (ex. Pluie). En tenant compte de cette situation, on a voulu étudier en détail ces manoeuvres à fin de souligner la difficulté de les effectuer et les éventuels liens avec les facteurs humains; on a donc choisi un échantillon significatif de

conducteurs témoins (160 personnes) de plus de 65 ans, auxquels on a posé méthodiquement 70 questions d'un questionnaire sur leur comportement au volant. Les questions étaient d'ordre général, médical et concernaient aussi leur comportement face aux différentes manœuvres à effectuer. Ces données ont été analysées à l'aide de techniques traditionnelles (ANOVA) ainsi que multidimensionnelles (Analyse des correspondances multiples et cluster), à fin de souligner les relations entre les variables les plus significatives. L'étude a mis en lumière les caractéristiques de chacune des manœuvres jugées les plus difficiles à effectuer par les sujets en question. Ces connaissances seront la base de travail pour les successifs tests de simulation au volant, à fin d'évaluer les mesures à adopter pour diminuer les risques d'erreur des conducteurs âgés.

2. ÉTAT DE L'ART

Pour les gens de tous les âges, et surtout pour les personnes âgées, l'utilisation de l'automobile est devenue désormais essentielle dans leur déplacement quotidien en réponse aux besoins et aux obligations sociales. Les conducteurs plus âgés sont potentiellement plus dangereux que les cinquantenaires ou les conducteurs jeunes, même s'ils conduisent moins fréquemment. Ils font partie d'une particulière catégorie de conducteurs qui peut être considéré "faible" par rapport aux autres groupes. À cet âge, la capacité à conduire change selon l'expérience, les habitudes au volant et les conditions psycho-physiques. D'après l'analyse de nombreuses études, nous pouvons observer que, malgré leur comportement généralement prudent au volant dû à une majeure expérience, les conducteurs âgés sont potentiellement plus dangereux. En effet ils sont à risque sur la route à cause de la détérioration de leurs facultés psychologiques et physiques associée avec l'âge. La diminution de la vue due à l'état de santé et à l'affaiblissement des fonctions cognitives et sensorielles est un autre important facteur de risque.

L'abilité des conducteurs plus âgés change ainsi que leurs attitudes, leurs estimations et l'influence de la société sur eux. En certains cas ils sont très expérimentés et ils pensent de conduire en toute sécurité, mais ils n'admettent pas que leur capacité a pu diminuer. En effet le processus de vieillissement réduit généralement l'abilité à conduire en toute sécurité.

Durant les dernières années on a enregistré une augmentation rapide du nombre des conducteurs âgés sur la route, hausse qui devrait se renforcer dans un proche avenir, grâce à des conditions de santé meilleures. Les soins médicaux et une technologie de pointe ont permis de lutter contre les maladies. C'est un sujet qui mérite plus d'attention pour deux différentes raisons: les graves problèmes de sécurité et le fait que les personnes âgées sont les sujets qui risquent le plus d'être blessés dans un accident de la route. Cette analyse vise à déterminer la relation entre confiance en soi, estimation de l'abilité des autres conducteurs, modèles de conduite, accidents et performance au volant. Ces analyses montrent que les conducteurs ont des limites physiques et suggèrent qu'un meilleur aménagement de la route pourrait rendre la circulation plus sûre.

Aux États Unis cette considération a permis de s'orienter vers la création de meilleures méthodes de sécurité routière. Certains États accordent aux conducteurs qui ont plus de 65 ou 70 ans des termes plus longs pour renouveler leurs permis. Toutefois d'autres nombreux États cherchent à changer ce genre de procédure et proposent d'obliger cette catégorie de conducteurs à renouveler leurs permis à très court terme.

Les conducteurs plus âgés ont de grandes difficultés à effectuer certaines manœuvres, surtout s'ils doivent estimer la distance correcte entre une autre voiture et la leur ou s'ils doivent déboîter.

Pour quelle raison les conducteurs âgés ont-ils du mal à s'engager dans une intersection, alors qu'ils semblent à même de faire face à d'autres situations de trafic? Les raisons peuvent être différentes. La première concerne l'état de santé surtout des yeux. Les conducteurs âgés ont des difficultés à percevoir en rapidité les objets, à changer leur foyer, ou leur vision périphérique; la diminution de leur acuité visuelle et de leurs capacités cognitives peut compromettre l'attention sur les conditions du trafic et sur la signalisation. De nombreuses enquêtes montrent que même parmi les personnes âgées on remarque des différences de comportement au volant selon le sexe. Le pourcentage des femmes impliquées dans un accident est différent par rapport aux hommes, surtout en ce qui concerne les virages à gauche, les déboîtements et l'estimation de la distance des voitures venant en sens inverse; dans une particulière étude on a pu constater que les femmes âgées sont plus impliquées dans un accident de route que les hommes du même âge.

Quant à l'Italie, comme on a déjà souligné dans l'introduction, ce n'est que récemment que de spécifiques analyses ont été menées sur les conducteurs âgés: dans un précédent document on a déjà analysé les accidents causés par des conducteurs âgés en Sardaigne durant une année entière (environ 181 accidents, si on ne considère que ceux qui ont comporté des blessés). D'après cette étude, les manoeuvres à risque plus haut, pour cette typologie de conducteurs, s'avèrent être les virages à gauche à l'approche d'une intersection ou l'insertion dans la circulation, le changement de direction ou de file sur la route suivie, la conduite pendant la nuit ou en conditions de mauvaise visibilité (par exemple en présence de pluie).

3. METHODOLOGIES

Le point de départ de l'analyse a été l'élaboration d'un questionnaire soumis aux conducteurs de plus de 65 ans pour recueillir des informations aptes à découvrir les aspects les plus importants concernant les manoeuvres analysées. Le questionnaire proposé était articulé en 6 différentes sections, chacune concernant:

1. les informations générales telles que l'âge, le sexe, l'ancienneté du permis, le type de voiture possédée, la fréquence d'utilisation du véhicule, etc.;
2. les conditions physiques générales et l'état de santé, la présence de maladies ou de troubles physiques;
3. le comportement en phase d'insertion depuis une rampe dans une circulation routière plus importante;
4. le comportement en phase de déboîtement sur une route à sens unique à deux voies;
5. le comportement en phase de virage à gauche dans une intersection;
6. le comportement au volant pendant la nuit et en conditions de mauvaise visibilité.

À travers l'analyse des données, à l'aide des techniques ci-après décrites, on a voulu enquêter sur les relations entre les variables individuelles ou relatives à l'état de santé et les typologies de manoeuvre choisies, de façon à découvrir un éventuel lien entre facteur humain et comportement au volant; voici les deux techniques surtout utilisées:

- La première analyse a utilisé l'Analyse de Variance pour évaluer l'représentativité de chaque question par rapport à l'âge des conducteurs testés.
- La deuxième a utilisé une analyse de type factoriel qui, conjointement avec l'analyse des groupes, permet de mettre en évidence d'éventuelles proximités ou réciprocitys entre les variables.

L'analyse ANOVA montre qu'il existe un niveau de représentativité entre deux variables différentes. Nous avons défini une hypothèse nulle et une hypothèse alternative et nous

avons testé la première, selon laquelle les moyennes de plusieurs populations indépendantes sont égales.

Avec l'analyse ANOVA nous utilisons deux paramètres: F est le rapport de la moyenne quadratique et Sig est la probabilité d'obtenir ce rapport au moins quand l'hypothèse nulle est vraie.

Dans l'analyse des correspondances multiples et dans l'analyse cluster on a utilisé le paramètre valor-test, à travers lequel on a évalué la représentativité de la variable et de la modalité en observation en fonction du phénomène à l'étude. Le valor-test, comme on verra ensuite, est un paramètre de synthèse qui permet d'évaluer le niveau de représentativité: plus ce paramètre est élevé, plus la variable est significative pour le phénomène décrit.

3.1. Analyse de la variance

La variance est une des plus communes mesures de variabilité. Elle est basée sur la différence élevée au carré entre la valeur des cas individuels et leur valeur moyenne.

Nous avons utilisé la variance pour connaître la distribution des données par rapport à leur moyenne. Cette méthode fournit des informations intéressantes entre plusieurs populations indépendantes.

Nous avons répété l'analyse de la variance pour les variables les plus importantes de ce questionnaire. La comparaison était faite avec la question numéro 1: âge du conducteur -- réparti dans les groupes suivants: (1)65-70 ans; (2)71-75 ans; (3)76-80 ans; (4)plus de 80 ans -- et les autres questions plus importantes du questionnaire. À l'aide de l'analyse statistique, le but était de comprendre la représentativité et la réalité des réponses correctes données par les conducteurs âgés.

Nous avons réussi à trouver la valeur de F et la valeur de Sig; cette dernière représente la probabilité d'obtenir le rapport F au moins quand l'hypothèse nulle est vraie.

Chaque fois qu'un témoin moyen a changé de façon plus importante que prévu, nous avons rejeté l'hypothèse nulle. Dans tous ces cas, l'hypothèse nulle était que la fréquence des réponses correspondant à chaque variable était la même pour chaque groupe d'âge. Si la valeur de Sig était inférieure à 0.055, l'hypothèse nulle était vraie; dans le cas contraire, cette hypothèse était rejetée.

Le tableau suivant est la synthèse des données concernant la valeur moyenne, la valeur de F et de Sig. Nous avons obtenu la différence entre les résultats de la question numéro 1 concernant l'âge du conducteur et les autres variables plus significatives qui correspondent aux questions de la première colonne.

Les variables en gras sont les plus importantes, parce qu'elles check l'hypothèse nulle.

Par exemple la variable qui correspond à la question numéro 9 (utilisation des ceintures de sécurité par le conducteur), nous pouvons accepter l'hypothèse nulle. Les quatre catégories d'âge ne sont pas différentes par rapport aux réponses (Toujours, De temps en temps, Parfois, Jamais et Non Applicable) qui correspondent à la fréquence d'utilisation des ceintures de sécurité. Dans ce cas on n'a que 42 chances sur 1000 d'obtenir un rapport F égal à 2.809.

Dans les variables où l'hypothèse nulle est vraie, nous avons le diagramme affichant la moyenne pour chaque groupe témoin.

Les tendances les plus intéressantes concernent le numéro 35 (les signaux sur la rampe sont insuffisants) parce que une tendance est opposée à l'autre; le numéro 34 (fréquence de conduite sur autoroute) et le numéro 71 (changement d'itinéraire pour éviter de tourner à gauche dans une intersection sans signalisation) parce que la tendance est différente pour chaque catégorie d'âge par rapport à l'autre réponse.

Question Numéro	Moyenne quadratique entre groupes	Moyenne quadratique à l'intérieur des groupes	F	Sig
6	0.217	0.315	0.689	0.560
8	4.275	5.850	0.731	0.535
9	1.774	0.632	2.809	0.042
11	0.011	0.032	0.328	0.805
12	0.809	0.242	3.341	0.021
14	0.359	0.256	1.405	0.244
15	40.828	20.122	2.029	0.112
17	0.207	0.340	0.609	0.610
18	6.554	3.430	1.911	0.130
19	0.370	0.449	0.823	0.483
20	1.090	1.105	0.986	0.401
32	0.056	0.085	0.658	0.579
34	1.701	0.648	2.624	0.053
35	2.529	0.692	3.656	0.014
36	1.026	0.477	2.150	0.096
37	1.556	1.243	1.252	0.293
38	1.983	0.859	2.308	0.079
39	0.482	0.851	0.567	0.638
40	0.605	0.545	1.110	0.347
42	3.112	1.832	1.699	0.170
52	1.583	0.510	3.105	0.028
53	2.803	0.720	3.891	0.010
54	3.275	0.973	3.367	0.020
55	3.104	0.812	3.824	0.011
56	0.972	0.981	0.990	0.399
57	0.465	0.946	0.492	0.689
58	0.343	1.399	0.245	0.865
59	0.038	0.887	0.042	0.988
60	0.118	0.568	0.207	0.891
61	0.568	0.681	0.834	0.477
62	0.157	1.163	0.135	0.939
63	0.193	0.515	0.374	0.772
64	1.952	0.747	2.614	0.053
70	0.606	0.670	0.906	0.440
71	1.604	0.505	3.176	0.026
72	1.251	1.001	1.249	0.294
73	1.303	0.752	1.734	0.163

Table 1 -

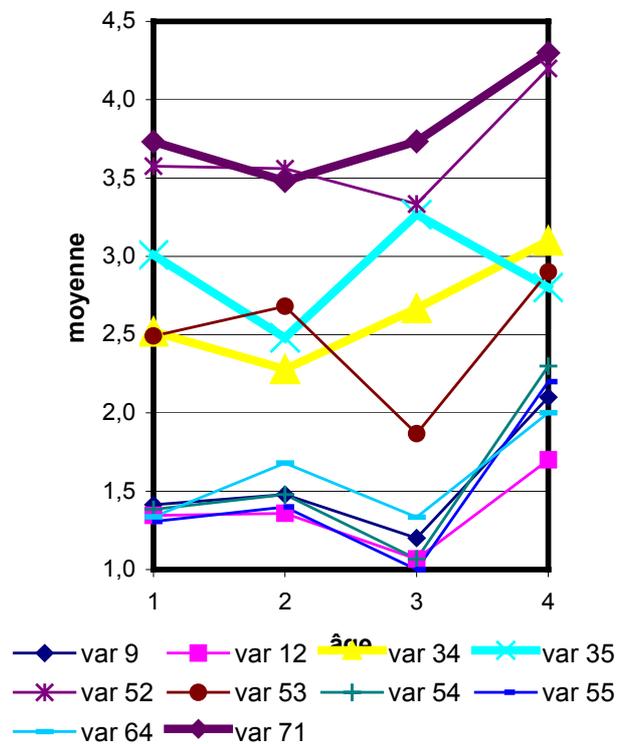


Fig.1

4. ANALYSIS FACTORIELLE

Vu la complexité du phénomène à l'étude et le grand nombre des informations à analyser, on a décidé de limiter l'analyse factorielle générale aux sections n°1 et n°2 du questionnaire et à certaines variables représentatives de chaque typologie de manoeuvre à l'étude, de façon à avoir un cadre général sur le comportement au volant des conducteurs plus âgés. Ensuite on a analysé les comportements en effectuant chaque manoeuvre.

Pour des raisons de brièveté, nous n'avons reporté que les résultats des analyses; on renvoie à l'étude complète les informations de détail.

Après avoir décrit les caractéristiques des conducteurs plus âgés, nous allons expliquer l'analyse factorielle pour le groupe des variables. L'analyse de la correspondance multiple vise à éclaircir l'association entre les variables qualitatives. Nous avons ainsi identifié la structure basilaire du phénomène observé. Cette structure basilaire met en évidence la représentativité du sous-espace, dans lequel la nuée des variables est projetée. Les sous-

espaces sont représentés par des lignes ou des espaces où les nuées de données sont projetées. Le choix du correct sous-espace permet de minimiser la perte d'informations par rapport à la projection.

Le tableau suivant met en évidence la représentativité de la variable par rapport aux 7 premiers axes.

Axe numéro	Auto valeur	Pourcentage %	Pourcentage cumulatif %
1	0.2945	7.14	7.14
2	0.1865	4.52	11.66
3	0.1701	4.12	15.78
4	0.1265	3.07	18.85
5	0.1076	2.61	21.46
6	0.1034	2.51	23.97
7	0.0993	2.41	26.37

Tableau n°2: Représentativité des 7 premiers axes factoriels

Ci-après suite sont décrits les deux premiers axes factoriels, à travers les variables les plus significatives tirées de l'analyse; il faut remarquer que l'identification est faite à l'aide du paramètre "valeur-test"¹.

LIBELLE DE LA VARIABLE	V.TEST	LIBELLE MODALITE
le sujet conduit pendant la nuit	-7.42	jamais
le sujet renonce à se mettre au volant pendant la nuit	-6.02	oui
le sujet décrit ses conditions de santé	-4.57	pat.émat+respirat.
le sujet conduit en autoroute ou sur une route suburbaine	-4.15	jamais
le sujet renonce à conduire la nuit	-3.65	toujours
le sujet est en situation de danger	-2.93	toujours
Z O N E C E N T R A L E		
âge du sujet	2.25	compris entre 65 et 70
le sujet ralentit pour lire la signalisation	2.60	jamais
le sujet change d'itinéraire pour éviter le virage	2.95	jamais
le sujet renonce à se mettre au volant pendant la nuit	3.23	jamais
le sujet conduit pendant la nuit	3.25	parfois
le sujet conduit pendant la nuit	3.85	souvent
le sujet a du mal à percevoir les délimitations	4.09	parfois
l'éclairage est mauvais	4.29	parfois
le sujet a du mal à percevoir les délimitations	4.35	jamais
le sujet est agité au volant pendant la nuit	4.56	jamais
le sujet ralentit pour lire la signalisation	4.71	parfois
le sujet conduit sur autoroute ou sur une route suburbaine	5.10	souvent
le sujet change d'it. face à une signalisation insuffisante	5.20	jamais
le sujet change d'it. face au mauvais éclairage de la route	5.80	jamais

Tableau n°3: Description du premier axe factoriel.

¹ Le "valeur test" est un paramètre qui permet d'évaluer le niveau de représentativité des modalités par rapport aux axes factoriels choisis.

Voici l'analyse des principales données basilières: pour une population de n individus q variables nominales sont observées. Un particulier groupe de n_k individus est ensuite identifié. L'étape successive est la classification, selon l'importance, des variables qui mieux caractérisent ce groupe. Une variable ne caractérise pas un groupe si les valeurs de n_k trouvées semblent avoir été extraites au hasard de toutes les valeurs n observées. Plus l'hypothèse d'une extraction au hasard est douteuse, plus la variable est significative pour caractériser le groupe.

Si U_{ij} est la coordonnée de modalité j sur l'axe at , elle est appelée "valeur-test"

$$u_{ij} \left(\frac{n-1}{n-n_j} \right)^{\frac{1}{2}}$$

où n est le nombre d'individus analysés et n_j représente les individus extraits au hasard. Le "valeur test" est en effet un paramètre qui sert à mesurer la représentativité de la modalité et/ou la variable relativement au phénomène à l'étude.

LIBELLE DE LA VARIABLE	V. TEST	LIBELLE MODALITE
le sujet a de la difficulté à tourner dans une intersection sans signalisation	-6.96	parfois
le sujet a du mal à percevoir les délimitations	-6.02	souvent
le sujet conduit pendant la nuit	-5.88	parfois
le sujet est surchargé d'informations	-5.81	parfois
le sujet est agité au volant pendant la nuit	-5.79	souvent
le sujet est conscient de la dangerosité des autres conducteurs	-5.15	souvent
le sujet sait estimer la vitesse des véhicules venant en sens inverse	-4.94	souvent
la route est mal éclairée	-4.92	toujours
le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante	-4.78	souvent
le sujet a du mal à s'insérer dans la circulation quotidienne	-4.65	souvent
Z O N E C E N T R A L E		
le sujet conduit pendant la nuit	4.19	souvent
le sujet perçoit une signalisation insuffisante	4.25	jamais
le sujet a du mal à s'insérer dans la circulation quotidienne	4.38	jamais
le sujet ralentit pour lire la signalisation	4.57	jamais
le sujet change d'itinéraire pour éviter le virage	4.95	jamais
le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante	4.99	jamais
le sujet change d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route	5.31	jamais
le sujet a du mal à percevoir les délimitations	5.36	jamais
le sujet a de la difficulté à tourner dans une intersection sans signalisation	5.50	jamais
le sujet est surchargé d'informations	6.08	jamais
le sujet est agité au volant pendant la nuit	6.13	jamais
le sujet renonce à se mettre au volant pendant la nuit	6.37	jamais

Table n°4: Description du deuxième axe factoriel.

D'après l'analyse du premier axe factoriel nous pouvons observer le clair contraste entre: la variable relative à la difficulté de percevoir les délimitations de la voie ou à la tendance à ralentir pour lire la signalisation, et la variable relative au changement d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route et à une signalisation insuffisante.

Le deuxième axe factoriel montre le contraste entre la difficulté à tourner dans une intersection sans signalisation et l'absence d'agitation au volant (ou le choix de ne pas conduire) pendant la nuit.

Pour les plusieurs manoeuvres individuelles nous pouvons afficher les mêmes résultats.

uite à l'analyse des correspondances multiples on a fait l'analyse cluster, qui a permis d'identifier les "profils type" les plus significatifs des conducteurs âgés. On a en ce cas défini 4 groupes homogènes, ci-après décrits, chacun desquels est caractéristique d'un profil de conducteur âgé différent:

1. le premier, qui représente 34% du total de l'échantillon, est relatif à un conducteur âgé qui déclare avoir modifié, au fil des années, son comportement au volant. Il s'agit de personnes en bon état de santé, qui ne sont influencées ni par des conditions extérieures (mauvaise visibilité, mauvais éclairage), ni par des conditions intérieures (circulation intense, signalisation insuffisante). En outre, ces sujets ne déclarent pas avoir obtenu des prescriptions à la conduite pour des pathologies ni être obligés de porter des verres correcteurs.
2. un deuxième groupe, qui représente 14% du total de l'échantillon, concerne tous ceux qui ne se mettent pas au volant pendant la nuit, malgré l'absence de particulières difficultés à effectuer des manoeuvres et malgré le bon état de santé.
3. un troisième groupe, le plus nombreux étant relatif à 42% du total de l'échantillon, est formé par des conducteurs âgés qui déclarent avoir quelques problèmes à effectuer certaines manoeuvres. Ils rencontrent les majeures difficultés (avec une fréquence "souvent au volant") surtout quand ils doivent se servir du rétroviseur intérieurs pour contrôler une intense circulation (ils ont donc du mal à déplacer rapidement le regard sur des sujets placés à une diverse distance) et qu'ils doivent reconnaître au volant la signalisation routière, ce qui les oblige à décélérer, souvent à l'improviste, courant ainsi plus de risques. De plus, ils déclarent avoir du mal à conduire si la route est mal éclairée, en tout cas dans des conditions de trafic intense.
4. un quatrième groupe, qui représente 10% du total de l'échantillon, est formé par des conducteurs âgés qui déclarent avoir de nombreux problèmes au volant, majeurs par rapport à ceux indiqués par la catégorie précédente: souvent, en effet, ils changent

d'itinéraire face à un virage à gauche à l'intérieur d'une intersection, ou face à un mauvais éclairage de la route et/ou à une signalisation non adéquate. En outre ils ont souvent du mal à affronter des conditions de trafic journalier, surtout en présence d'une succession de virages, et à reconnaître les éléments de signalisation, en particulier les délimitations de voie. Ces sujets parfois conduisent sous l'effet de médicaments et, en certains cas, ont reçu l'avis du médecin de ne pas se mettre au volant.

Nous reportons ci-après un tableau de synthèse affichant les valeur-tests relatives à chaque modalité.

CLASSE	VARIABLES SIGNIFICATIVES (modalités)	V-TEST
Quelques problèmes au volant (34%)	36.le sujet ne reconnaît les signaux qu'au dernier moment (parfois)	2,44
	52. le sujet est surchargé d'informations (parfois)	5,51
	53. le sujet est conscient de la dangerosité au volant des autres conducteurs (souvent)	4,93
	56.le sujet conduit pendant la nuit (parfois)	3,73
	57. le sujet est agité au volant pendant la nuit (parfois)	4,72
	58.l'éclairage est mauvais (souvent)	4,73
	59.le sujet a du mal à percevoir les délimitations (parfois)	5,53
	60.le sujet change d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route (parfois)	3,59
	61. le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante (parfois) 62.le sujet ralentit pour lire les signaux (parfois, souvent)	3,05
	70. le sujet sait estimer la vitesse des véhicules venant en sens inverse (parfois)	2,77
	35.le sujet perçoit une signalisation insuffisante (parfois)	4,45
	73.le sujet est en situation de danger (parfois)	3,77
		3,45
Difficultés plus marquées au volant (14%)	8. le sujet attrape une contravention après 65 ans (pour stationnement interdit)	2,63
	11. le sujet reçoit l'avis du médecin de ne pas se mettre au volant (en cas d'avis)	2,90
	17. le sujet conduit sous l'effet des médicaments (parfois)	3,77
	59. le sujet a du mal à percevoir les délimitations (souvent)	3,04
	60. le sujet change d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route (parfois)	4,04
	61 le sujet change d'itinéraire face à la signalisation insuffisante (souvent)	3,25
	72. le sujet a du mal à s'insérer dans la circulation de tous les jours (souvent)	2,76
	71. le sujet change d'itinéraire en présence d'un virage (souvent)	3,77
Pas de difficulté au volant (42%)	35. le sujet perçoit une signalisation insuffisante (jamais)	3,79
	37.le sujet renonce à se mettre au volant pendant la nuit (jamais)	5,62
	52.le sujet est surchargé d'informations (jamais)	4,77
	57. le sujet est agité au volant pendant la nuit (jamais)	6,84
	58.la route est mal éclairée (jamais,parfois)	3,65/4,35
	59. le sujet a du mal à percevoir les délimitations (jamais)	5,86
	60. le sujet change d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route (jamais)	6,70
	61. le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante (jamais)	5,62
	62. le sujet ralentit pour lire les signaux (jamais)	5,70
	63.difficulté d'une intersection sans signalisation (pas de difficultés)	3,39
	70.le sujet a du mal à estimer la vitesse de la circulation en sens inverse (jamais)	3,89
	71. le sujet change d'itinéraire en présence d'un virage (jamais)	3,02
	72. le sujet a du mal à s'insérer dans la circulation de tous les jours (jamais)	3,78
73. le sujet est en situation de danger (jamais)	3,05	
Pas de conduite nocturne (10%)	34.le sujet conduit sur autoroute ou sur une route suburbaine (jamais)	3,39
	37. le sujet renonce à se mettre au volant pendant la nuit (toujours)	3,25
	56. le sujet conduit pendant la nuit (jamais)	8,22

Table n°5 - Les "profiles type" les plus significatifs des conducteurs âgés

Les indications tirées de l'analyse complète montrent les quelques difficultés rencontrées par les conducteurs âgés à effectuer certaines manœuvres. C'est pourquoi on a considéré nécessaire de faire une analyse plus approfondie des typologies des manœuvres choisies à fin d'évaluer les comportements spécifiques des conducteurs à chaque manœuvre.

Pour des raisons de brevité, on ne reporte, pour chaque manoeuvre, que les résultats finaux de la méthode adoptée, relativement à l'application de l'analyse cluster. Quant au calcul des axes factoriels et à l'identification des plans relatifs, on renvoie à l'étude complète.

4.1. Déboucher d'une rampe dans la circulation principale.

Aux sujets témoins on a proposé la situation où un véhicule venant d'une rampe secondaire s'insère dans le trafic de la route principale dans des conditions au fur et à mesure variables (avec route libre et en présence d'autres véhicules circulant dans le lointain, ou circulant à proximité, ou venant tout justement de passer etc.).

On a identifié différents groupes, correspondant à cinq différents comportements en phase d'insertion dans la circulation:

1. le conducteur s'insère dans la circulation en ralentissant, soit en présence d'un véhicule en train de passer, qu'à côté d'un véhicule, qu'en cas de véhicule à peine passé. On n'observe pas d'éléments importants liés à des pathologies ou à des problèmes de nature physique (groupe qui représente 21% du total).
2. le conducteur s'insère dans la circulation en accélérant, dans les trois conditions susvantes (groupe qui représente 8% du total).
3. le conducteur s'insère dans la circulation sans changer la vitesse de son véhicule, dans les trois conditions susvantes. Un cas de décélération a lieu seulement si ce véhicule est tout à côté d'un autre et qu'en même temps un autre véhicule va passer (groupe qui représente 19% du total).
4. le conducteur s'insère dans la circulation en changeant la vitesse de son véhicule de façon répétitive et à l'improviste pour crainte ou insécurité à affronter cette manoeuvre. En certains cas, le conducteur s'insère en décélérant, dans d'autres cas en donnant un coup de frein, dans d'autres cas encore en conservant la vitesse de son véhicule. Il faut remarquer que les usagers de cette catégorie déclarent accuser des troubles musculaires ou de la fatigue et qu'ils sont obligés de porter des verres correcteurs au volant (groupe qui représente 19% du total).
5. le conducteur s'insère dans la circulation en donnant un coup de frein, dans toutes les conditions d'insertion simulées (groupe qui représente 33% du total).

CLASSE	VARIABLES SIGNIFICATIVES (MODALITÉS)	V-TEST
Il s'insère en ralentissant (21%)	19. Le sujet accuse des troubles musculaires ou de la fatigue au volant (jamais) insertion 21: véhicule en train de passer (il ralentit) insertion 26 : à côté d'un autre véhicule + véhicule derrière (il ralentit) insertion 27 : véhicule en train de passer + véhicule derrière (il ralentit) insertion 30 : véhicule passé + véhicule en train de passer (il ralentit) insertion 29 : véhicule passé + véhicule derrière (il s'insère)	2,49 4,34 5,31 3,26 4,40 2,37
Il s'insère en accélérant (8%)	2. âge où le sujet a obtenu son permis (plus de 38 ans) insertion 21: véhicule en train de passer (il s'insère) insertion 24: véhicule qui débouche d'une rampe distante (il s'insère) insertion 27: véhicule en train de passer + véhicule derrière (il s'insère) insertion 29: véhicule passé + véhicule derrière (s'insère) insertion 30: véhicule passé + véhicule en train de passer (il s'insère)	2,63 3,27 2,58 5,32 2,35 6,90

Il s'insère sans modifier sa vitesse (19%)	insertion 21: véhicule en train de passer (s'insère voiture par la droite) insertion 23: véhicule passé (s'insère voiture par la droite) insertion 24: véhicule qui débouche d'une rampe distante (s'insère voiture par la droite) insertion 27: véhicule en train de passer + véhicule derrière (s'insère voiture par la droite) insertion 28: tout à côté d'un autre véhicule + véhicule derrière (il ralentit) insertion 29: véhicule passé + véhicule derrière (s'insère voiture par la droite)	5,04 3,96 2,55 3,31 2,53 4,32
Il s'insère en changeant en continuation sa vitesse (19%)	18. verres correcteurs obligatoires au volant (souvent) 19. Le sujet accuse des troubles musculaires ou de la fatigue au volant (parfois) insertion 20: à côté d'un autre véhicule (s'insère voiture par la droite) insertion 25: deux véhicules, l'un à côté de l'autre, débouchant d'une rampe (il freine) insertion 26: à côté d'un véhicule + véhicule derrière (s'insère voiture par la droite) insertion 27: véhicule en train de passer + véhicule derrière (s'insère voiture par la droite) insertion 30: véhicule passé + véhicule en train de passer (s'insère voiture par la droite)	2,35 3,24 3,70 3,55 5,19 3,64 6,39
Il s'insère tout en freinant (33%)	insertion 20: à côté d'un autre véhicule (il freine) insertion 21: véhicule en train de passer (il freine) insertion 25: deux véhicules, l'un à côté de l'autre, débouchant d'une rampe (il accélère) insertion 26: à côté d'un véhicule + véhicule derrière (il freine) insertion 27: véhicule en train de passer + véhicule derrière (il freine) insertion 28: tout à côté d'un autre véhicule + véhicule derrière (il freine) insertion 30: véhicule passé + véhicule en train de passer (il freine)	4,76 6,56 4,10 6,39 6,08 3,38 6,98

Table n°6 - Déboucher d'une rampe dans la circulation principale

4.2. Déboîtements.

Comme dans la manoeuvre précédente, même en ce cas on a testé de différentes situations, en simulant le passage d'un véhicule dans une autre file sur laquelle circulent, de façon différente, d'autres véhicules.

Quatre groupes homogènes ont été finalement définis par l'analyse:

1. le conducteur déboîte sans modifier sa vitesse, en attendant le passage des véhicules en train de passer sur la file à emprunter. On n'observe pas de particuliers problèmes de nature physique (groupe très nombreux, qui représente 57% du total).
2. en ce cas aussi le conducteur déboîte sans modifier sa vitesse, en attendant le passage des véhicules en train de passer sur la file à emprunter. Par rapport au groupe précédent, dans celui-ci les conducteurs portent des verres au volant et passent chaque année des examens médicaux et visuels (groupe qui représente 20% du total).
3. le conducteur déboîte après avoir décéléré. Il faut remarquer que les usagers de ce groupe déclarent avoir des troubles aux articulations et aux os (groupe qui représente 14% du total).
4. le conducteur déboîte après avoir donné un coup de frein et arrêté son véhicule pour céder le passage aux véhicules en train de passer sur la file à emprunter. Il faut souligner que l'âge moyen des conducteurs faisant partie de ce groupe est de plus de 80 ans (groupe qui représente 9% du total).

CLASSE	VARIABLES SIGNIFICATIVES (MODALITÉS)	V-TEST
Il cède le passage (57%)	14. le conducteur passe des examens visuels (pas d'examens) déboîtement 41: à côté d'un ploton (Il cède le passage) déboîtement 42: véhicule en train de passer (Il cède le passage) déboîtement 45: à côté d'un ploton + véhicule derrière (Il cède le passage) déboîtement 48: véhicule derrière + véhicule venant par la droite (il déboîte)	3,03 8,19 7,95 5,76 2,76

Cède le passage Port de verres de contact (20%)	12. le conducteur passe des examens médicaux annuels (oui)	2,72
	14. le conducteur passe des examens visuels (oui)	3,49
	18. le conducteur porte des verres correcteurs au volant (parfois)	2,66
	déboîtement 45: à côté d'un ploton + véhicule derrière (Il cède le passage)	2,91
	déboîtement 46: véhicule en train de passer + véhicule derrière (Il cède le passage)	2,39
Il ralentit (14%)	15. le conducteur décrit son état de santé (articulations/os)	2,57
	déboîtement 41 à côté d'un ploton (il ralentit)	6,48
	déboîtement 42 véhicule en train de passer (il ralentit)	7,33
	déboîtement 45 à côté d'un ploton + véhicule derrière (il ralentit)	7,59
	déboîtement 46 véhicule en train de passer + véhicule derrière (il ralentit)	5,28
Il freine et s'arrête (9%)	1. âge du conducteur (plus de 80 ans)	2,67
	2. âge où il a pris son permis (34-38 ans)	3,39
	déboîtement 41 à côté d'un ploton (Il freine et s'arrête)	3,02
	déboîtement 42 véhicule en train de passer (Il freine et s'arrête)	3,14
	déboîtement 45 à côté d'un ploton + véhicule derrière (Il freine et s'arrête)	4,27
	déboîtement 48: véhicule derrière + véhicule venant par la droite (Il freine et s'arrête)	3,14

Table n°7 - Déboîtements

4.3. Tourner à gauche.

En ce cas les situations proposées ont concerné les manoeuvres de virage à gauche au moment où un/plus d'un véhicule circule en sens inverse.

En ce cas on a finalement défini six classes homogènes, ci-après caractérisées:

1. le conducteur achève son virage à gauche sans aucune difficulté, alors que le véhicule venant en sens inverse est loin; même les conducteurs qui déclarent accuser des douleurs aux os et aux articulations effectuent cette manoeuvre (groupe qui représente 24% du total).
2. le conducteur achève son virage à gauche sans aucune difficulté, alors que le véhicule venant en sens inverse est loin, même dans les cas où le conducteur est obligé de porter les verres correcteurs au volant et qu'il conduit sous l'effet de médicaments; un ultérieur aspect important est l'âge relativement bas (65-70 ans) des conducteurs de ce groupe (groupe qui représente 10% du total).
3. le conducteur achève son virage à gauche sans aucune difficulté, mais après avoir arrêté son véhicule, ce qui a lieu soit dans le cas où un véhicule ou un ploton (plus d'un véhicule) sont proches du véhicule arrêté (groupe qui représente 27% du total).
4. le conducteur achève son virage à gauche sans aucune difficulté, mais après avoir arrêté son véhicule; il faut remarquer qu'il s'agit, pour cette catégorie, de conducteurs proches des 80 ans, qui portent toujours des verres correcteurs au volant et qui passent régulièrement des examens médicaux (groupe qui représente 14% du total).
5. le conducteur achève son virage à gauche en décélérant sans s'arrêter, malgré la proximité des véhicules venant en sens inverse. En ce cas l'âge est plus bas par rapport aux cas précédents où on enregistrait des difficultés à effectuer des manoeuvres, à savoir 71-75 ans (groupe qui représente 9% du total).
6. dans le dernier cas on observe que, par contre, malgré la proximité des véhicules venant en sens inverse, le conducteur accélère pour dégager à l'improviste l'intersection (groupe qui représente 16% du total).

CLASSE	VARIABLES SIGNIFICATIVES (MODALITÉS)	V-TEST
Pas de difficultés (24%)	2. âge où le conducteur a pris son permis (24-28 ans)	3,91
	12. le conducteur passe des examens médicaux annuels (pas d'examens)	4,63
	14. le conducteur passe des examens visuels (pas d'examens)	6,56
	15. le conducteur décrit son état de santé (articulations./os)	2,76
	18. le conducteur porte des verres correcteurs au volant (pas d'ordonnance du médecin)	4,41
	virage dans l'intersection 67: véhicule venant en sens inverse loin (il accélère)	3,05
Pas de difficulté – Port de verres correcteurs (10%)	1. âge du conducteur (65-70 ans)	2,89
	2. âge où il a pris son permis (18-23 ans)	2,97
	17. il conduit sous l'effet de médicaments (parfois)	3,89
	18. le conducteur porte des verres correcteurs au volant (souvent)	3,84
Ils s'arrêtent puis complètent le virage sans difficulté (27%)	2. âge d'obtention du permis (18-23 ans)	2,65
	12. examens médicaux annuels (oui)	2,54
	14. examens visuels (oui)	4,36
	17. conduite sous l'effet de médicaments (jamais)	3,61
	63. difficulté à tourner dans un carrefour sans signalisation (pas de difficulté)	2,93
	virage dans l'intersection 64: véhicule en train de passer (arrêt ensuite virage complété)	4,36
	virage dans l'intersection 65: ploton en train de passer (arrêt ensuite virage complété)	3,30
virage dans l'intersection 66: véhicule en train de passer + véhicule derrière (arrêt ensuite virage complété)	5,45	
Ils s'arrêtent puis complètent le virage avec difficulté (14%)	2. âge des sujets (76-80 ans)	3,59
	6. fréquence d'utilisation de la voiture (1/2g par semaine)	3,13
	12. examens médicaux annuels (oui)	2,50
	18. Port de verres correcteurs au volant (toujours)	4,77
	63. difficulté à tourner dans un carrefour sans signalisation (pas de difficulté)	5,00
virage dans le carrefour 64: véhicule en train de passer (arrêt ensuite virage complété)	3,18	
Ils ralentissent (9%)	1. âge des sujets (71-75 ans)	2,41
	virage dans le carrefour 64: véhicule en train de passer (décélération)	6,84
	12. examens médicaux annuels (oui)	2,64
	virage dans le carrefour 65: ploton en train de passer (décélération)	5,11
	virage dans le carrefour 66: véhicule en train de passer + véhicule derrière (décélération)	6,40
Ils accélèrent (16%)	virage dans le carrefour 64: véhicule en train de passer (accélération)	8,30
	virage dans le carrefour 65: ploton en train de passer (accélération)	7,46
	virage dans le carrefour 66: véhicule en train de passer + véhicule derrière (accélération)	8,60
	virage dans le carrefour 67: véhicule venant en sens inverse loin (accélération)	3,61

Table n°8 - Tourner à gauche

4.4. Conduite nocturne

L'analyse sur ce comportement au volant a été faite en posant à l'échantillon une série de questions sur leurs attitudes générales au volant pendant la nuit. Par rapport aux sections du questionnaire sur les autres questions, en ce cas de manoeuvres spécifiques n'ont pas été testées.

L'analyse a mis en évidence quatre classes spécifiques:

1. Les conducteurs ont quelques problèmes à conduire pendant la nuit ainsi que les conducteurs qui ont parfois du mal à voir bien à cause de la route mal éclairée. Parfois ils sont anxieux ou agités. (groupe qui représente 31% du total).
2. Dans ce cas ils ont plus de difficultés au volant et accusent des troubles surtout aux os et aux articulations. (groupe qui représente 8% du total).
3. Dans ce cas ils déclarent ne pas avoir de problèmes à conduire pendant la nuit. Ce sont d'habitude des conducteurs qui utilisent leur voiture tous les jours. Ils n'ont

aucune difficulté à changer de voie et s'ils ne changent pas, c'est à cause de la route mal éclairée (groupe qui représente 42% du total).

4. C'est le groupe de conducteurs qui choisissent de ne pas se mettre au volant pendant la nuit. (groupe qui représente 19% du total).

CLASSE	VARIABLES SIGNIFICATIVES (MODALITÉS)	V-TEST
Quelques difficultés (31%)	2. âge où le conducteur a pris son permis (24-28 ans)	2,66
	56.le conducteur se met au volant pendant la nuit (parfois)	8,08
	57.le sujet est agité au volant pendant la nuit (parfois, souvent)	4,59/3,07
	58.la route est mal éclairée (souvent)	6,28
	59.le sujet a du mal à distinguer les délimitations (parfois,souvent)	3,48/3,57
	60.le sujet change d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route (parfois)	
	61. le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante (parfois)	3,36
	62.le sujet ralentit pour lire les panneaux (parfois)	3,22 2,43
Plus de difficultés (8%)	15. le sujet décrit son état de santé (articulations/os)	2,44
	57. le sujet est agité au volant pendant la nuit (souvent)	2,92
	62. le sujet ralentit pour lire les panneaux [toujours]	3,06
	61. le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante (souvent)	4,09
Jamais de problèmes (42%)	0.sexe (homme)	2,76
	2. âge où le conducteur a pris son permis (18-23 ans)	4,17
	6.fréquence d'utilisation de sa voiture (3/5g par jour)	2,93
	56. le sujet se met au volant pendant la nuit (souvent, toujours)	7,01/2,94
	57. le sujet est agité au volant pendant la nuit (jamais)	6,71
	58. la route est mal éclairée (parfois)	7,41
	59. le sujet a du mal à distinguer les délimitations (jamais)	5,95
	60. le sujet change d'itinéraire face au mauvais éclairage de la route (jamais)	5,23
	61. le sujet change d'itinéraire face à une signalisation insuffisante (jamais)	4,91
62. le sujet ralentit pour lire les panneaux (jamais)	2,81	
Pas de conduite nocturne (19%)	56. le sujet conduit pendant la nuit (jamais)	7,98

Table n°9 - Conduite nocturne

5. CONCLUSIONS

Les analyses effectuées ont mis en évidence quelques éléments intéressants:

1. Le trouble dû à la présence de voitures qui suivent dans la même voie est majeur par rapport à la même difficulté à effectuer la manoeuvre: le conducteur doit contrôler en continu la position du véhicule suivant à travers les rétroviseurs, ce qui l'oblige à détourner le regard du volant. Cela est particulièrement vrai surtout pour les manoeuvres telles que l'insertion dans une route à grande communication et le déboîtement, où il faut être capable d'estimer rapidement et souvent en même temps la distance des véhicules qui précèdent et de ceux qui suivent;
2. De plus, on remarque facilement la difficulté à contrôler les zones "aveugles" à travers les rétroviseurs, ce qui est dû à l'incapacité de bouger rapidement la tête;
3. beaucoup de conducteurs préfèrent changer leurs habitudes de vie et replanifier leurs activités plutôt que se mettre au volant pendant la nuit ou en conditions de mauvaise visibilité: en ce cas, en effet, on peut subir des alterations du champ visuel qui causent une hausse des probabilités d'accident occasionné par une erreur d'interprétation visuelle.

D'après tous les chiffres affichés on constate que parmi les éléments qui influencent le plus le comportement au volant des personnes âgées figurent sans aucun doute les aspects liés à la vue. On a pu remarquer en effet avec une criticité importante la difficulté

à évaluer des objets et des contextes qui, par rapport à l'observateur, sont placés à une distance différente et bougent à des vitesses différentes: en effet les conducteurs ont déclaré avoir du mal à se servir des rétroviseurs et/ou des miroirs latéraux pour distinguer correctement les délimitations de voie au volant et pour estimer les distances des véhicules en train de passer ou qui suivent, pour percevoir les obstacles ou les silhouettes pendant la nuit ou dans des conditions de mauvaise visibilité. Ces conducteurs avouent faire de gros efforts à diriger le regard vers des éléments qui ne rentrent pas dans leur cône visuel, à cause du mouvement continu des yeux sur des zones du cône visuel qui nécessitent de mises à feu différentes et rapides.

Le problème est donc celui d'évaluer correctement l'aspect lié soit à l'acuité dynamique de la vue, à savoir celle qui permet de reconnaître correctement les objets en mouvement et d'estimer l'effective distance, qu'à l'abilité du conducteur pendant la nuit.

La continuation de cette étude se donne pour objectif d'enquêter dans cette direction, à travers l'utilisation de simulateurs de conduite à même de reproduire les situations ci-dessus décrites et de mesurer la variation de la performance des conducteurs âgés dans les différentes épreuves auxquelles ils ont été soumis.

Tout cela à fin d'introduire, au moins en Italie, des méthodes de correction, pour évaluer l'abilité des conducteurs en phase de concession et de renouvellement des permis, tels que l'acuité dynamique pour la limitation à conduire, par exemple seulement pendant la journée, ou pour l'interdiction d'accès dans certaines infrastructures à circulation très rapide ou très dense.

BIBLIOGRAPHIE

- Chandrarantna S., Michell L., Stamatiadis N. (2002) Evaluation of the transportation safety needs of older drivers. Dept. of Civil Engineering University of Kentucky.
- Fadda P. (2002) Progettazione dei sistemi di trasporto in ambiente sistemico. Rubbettino Editore, Soveria Mannelli (CZ).
- Fancello G. (2003) Analisi sperimentale degli incidenti causati da guidatori anziani: un approccio multidimensionale. Ingegneria Ferroviaria (*printing*).
- Fields M. (1999) U.S. Driver Licensing Renewal Procedures for Older Driver. Institute for Highway Safety.
- Gallo J.J., Fulmer T., Paveza G.J., Reichel W. (2000) Handbook of Geriatric Assessment. An Aspen Publication, Gaithersburg Maryland.
- Keskinen E., Ota H., Katila A. (1998) Older drivers fail in intersection: speed discrepancies between older and younger male drivers. Accident Analysis and Prevention Vol 30 n°3 pp.323-330.
- Lundberg C., Hakamies-Blomqvist L., Almkvist O., & Johansson K. (1998) Impairment of some cognitive functions are common in crash involved older drivers. Accident Analysis and prevention. Vol 30 n°3, pp.371-377.
- Marottoli R. A., Richardson E.D. (1998) Confidence in, and self rating of, driving ability among older drivers. Accident Analysis and Prevention. Vol 30, n°3. pp. 331-336.
- Mitchell L., Stamatiadis N. (2002) Traffic maneuvers of elderly: their viewpoint and prospective. Society of Automotive Engineers.
- Osterweil D., Brummel-Smith K., Beck J. (2000) Comprehensive geriatric assessment. McGraw-Hill Medical Publishing Division.
- Parker D., Lajunen T., Summala H. (2002) Anger regression among drivers in three European Countries. Accident Analysis and Prevention 34. pp. 229-261.
- Rock S.M. (1998) Impact from changes in Illinois drivers license Renewal Requirements for older drivers. Accident Analysis and prevention Vol. 30 n°1 pp. 69-74.

- Stamatiadis N. (1993) Elderly male and female drivers: How different are they? 72° Transportation Research board Washington D.C.
- Stamatiadis N., Deacon J. (1997) Quasi –induced exposure: methodology and insight” Accident Analysis and prevention. Vol. 29, n°1. pp.37-52.
- Stamatiadis N., Deacon J. A. (1995) Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity. Accident Analysis and prevention. Vol 27 n°4 pp. 443-459.
- Staplin L., Ball K., Park D., Decina L. E., Lococo K. H., Gish K. W., Kotwal B. (1993) Syntesis of Human Factors research on Older Driver and Highway Safety. Vol I. Federal Highway Administration.
- Staplin L., Lococo K.H., Stewart J., Decina L.E. (1999) Safe mobility for older people notebook. Federal Highway Administration.
- Staplin L., Lyles R. (1991) Age differences in motion perception and specific traffic maneuver problem. Transportation Research Record 1325 pp.23-33.
- Wallace R. B. (1997) Cognitive change, medical illness and crash risk among older drivers: An epidemiological consideration. Alzheimer Disease and associated Disorders. Vol 11 n°3, pp.31-37.