

# **Ouderen en ITS: samen sterk(er)?**

Drs. R.J. Davidse

R-2003-30



## **Ouderen en ITS: samen sterk(er)?**

Literatuurstudie naar de toegevoegde waarde van Intelligente  
Transportsystemen voor de veiligheid van de oudere automobilist

## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2003-30
Titel:	Ouderen en ITS: samen sterk(er)?
Ondertitel:	Literatuurstudie naar de toegevoegde waarde van Intelligente Transportsystemen voor de veiligheid van de oudere automobilist
Auteur(s):	Drs. R.J. Davidse
Onderzoeksthema:	Telematica en veiligheid in het wegverkeer
Themaleider:	Ir. R.G. Eenink
Projectnummer SWOV:	36.120
Trefwoord(en):	Old people, driver, ageing, skill (road user), attention, reaction (human), safety, traffic, intelligent transport systems, telematics, driver information, driving (veh), ergonomics, perception, psychology, game theory, evaluation (assessment).
Projectinhoud:	Veel Intelligente Transportsystemen (ITS) zijn ontworpen als comfortstelsysteem, enkele beogen de verkeersveiligheid te vergroten. In dit rapport worden die bestuurderstaken geïdentificeerd waarvoor ondersteuning uit het oogpunt van verkeersveiligheid het meest <i>gewenst</i> is. Daarbij ligt de nadruk op de groep van <i>oudere</i> automobilisten. Daarnaast wordt getracht telematicasystemen te identificeren die in staat kunnen worden geacht om de gewenste ondersteuning te <i>bieden</i> . Daarbij ligt de nadruk op die systemen die de meeste potentie hebben om de verkeersveiligheid van oudere automobilisten te vergroten.
Aantal pagina's:	78 + 1
Prijs:	€ 12,50
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 2004

## Samenvatting

In de loop der jaren komen er steeds meer Intelligente Transportsystemen (ITS) op de markt. Veel systemen zijn ontworpen als comfortstelsel, enkele beogen de verkeersveiligheid te vergroten. In dit rapport wordt als uitgangspunt genomen dat ITS-toepassingen alleen dan in staat zijn om de verkeersveiligheid te vergroten, als zij de relatief zwakke punten van de automobilist ondersteunen. Ze moeten niet de taken overnemen waar de mens eigenlijk behoorlijk goed in is.

Om die bestuurderstaken te kunnen identificeren waarvoor - vanuit verkeersveiligheidsoogpunt - *ondersteuning van de mens het meest gewenst* is, worden in dit rapport verschillende theoretische invalshoeken bestudeerd. Op grond van een analyse van theorieën uit de 'human factors'-benadering, de cognitieve psychologie en de speltheorie worden de sterke en zwakke punten van de mens beschreven. Daarbij ligt de nadruk op de *oudere* automobilist.

Uit de beschrijvingen van sterke en zwakke punten kunnen we concluderen dat oudere automobilisten over het algemeen over veel rijervaring beschikken en deze ervaring gebruiken om te anticiperen op wat komen gaat. Als de verkeerssituatie echter niet in overeenstemming is met wat zij verwachten, of als de verkeerssituatie hen niet in staat stelt om in hun eigen tempo te handelen, zijn oudere automobilisten in het nadeel. Ze zullen dan niet in staat zijn te compenseren voor hun zwakke punten, zoals een achteruitgang in de selectieve en verdeelde aandacht en een tragere informatieverwerking.

Deze zwakke punten kunnen worden vertaald naar een behoefte aan vroegtijdige informatie over de belangrijkste elementen van de eerstvolgende verkeerssituatie (zoals 'let op, u nadert een voorrangskruising'). Als de automobilist bijtijds de beschikking heeft over deze informatie, heeft hij meer tijd om te anticiperen op wat komen gaat. Voorwaarde is uiteraard wel dat deze informatie ook klopt met de werkelijkheid. Andere behoeften aan ondersteuning die uit de theoretische analyse naar voren zijn gekomen, hebben betrekking op informatie over naderend verkeer, het signaleren van objecten die zich in de dode hoek bevinden, en hulp bij het richten van de aandacht op relevante verkeersborden en op verkeerslichten.

Voor een analyse van ITS-toepassingen die de *gewenste ondersteuning zouden kunnen bieden*, zijn de behoeftes van oudere automobilisten vertaald naar de vereiste functies van ondersteunende systemen. Op grond van deze functies zijn systemen geselecteerd die dergelijke ondersteuning reeds kunnen bieden, of deze naar verwachting in de toekomst zullen gaan bieden. Dit betreft botswaarschuwingssystemen, systemen voor automatisch invoegen en wisselen van rijbaan, parkeerhulpsystemen, systemen die borden en waarschuwingstekens in het voertuig projecteren, intelligente cruise control, en een systeem dat ondersteunende informatie verstrekt bij het naderen van complexe kruispunten. Voor zover mogelijk zijn deze systemen geëvalueerd op hun sterke en zwakke punten: hebben ze de gewenste effecten en wat zijn mogelijke neveneffecten (zoals gedrags-

adaptatie). Deze evaluatie is zowel gebaseerd op de resultaten van praktijkstudies als op een theoretische analyse aan de hand van de bovengenoemde theoretische invalshoeken.

De belangrijkste conclusie van deze evaluatie is dat, hoewel er systemen bestaan die ondersteuning lijken te bieden voor de zwakke punten van de oudere mens, veel van deze systemen nog in ontwikkeling zijn. Mede daardoor is er ook nog te weinig onderzoek gedaan naar de acceptatie en gedragseffecten van deze systemen om te kunnen stellen dat ze, als ze op de markt komen, ook daadwerkelijk gebruikt zullen worden en vervolgens daadwerkelijk tot een verbetering van de veiligheid van de oudere automobilist zullen leiden. Een verdere ontwikkeling van ITS-toepassingen die gericht zijn op een verbetering van de veiligheid van de oudere automobilist, is derhalve nodig.

Daarnaast zouden (reeds) ontwikkelde ITS-toepassingen niet alleen moeten worden getest door jonge, maar ook door oudere automobilisten. Oudere automobilisten hebben aanzienlijk meer problemen met het uitvoeren van telematicataken, waardoor het van essentieel belang is dat evaluaties van de veiligheid en bruikbaarheid van systemen uitgaan van de oudere automobilist. Als oudere automobilisten in staat zijn een taak veilig en zonder veel moeite uit te voeren, dan zullen andere automobilisten dat ook kunnen.

# Summary

## **Older drivers and ITS: stronger together?**

### **Literature study of the added value of Intelligent Transport Systems for the safety of the elderly driver**

Each year, ever more Intelligent Transport Systems (ITS) come onto the market. Many of these have been designed as comfort systems, and some aim at improving road safety. The starting point of this report is that ITS applications can only increase road safety if they support the relative weaknesses of the driver. They should not take over those tasks he is actually quite good at.

In order to identify those driving tasks for which *support is most desirable* (from a road safety point of view), various theoretical perspectives are studied in this report. Based on an analysis of theories from the human factors approach, cognitive psychology, and game theory, the strengths and weaknesses of the human are described, with an emphasis on the *older* driver.

From these strengths and weaknesses, we can conclude that, in general, elderly drivers have a great deal of driving experience and use this experience to anticipate what is coming. However, if the traffic situation is not in line with their expectations, or the traffic situation does not allow them to act at their own pace, elderly drivers are at a disadvantage. More specifically, they will not be able to compensate for their weaknesses, such as a decline in the selective and divided attention and a slower speed of information processing and decision making.

These weaknesses can be translated into the need to receive timely information on the most important elements of the next traffic situation (such as 'pay attention, you are approaching an intersection with a major road'). If the driver gets this information in time, he has more time to anticipate what is coming. A precondition is, of course, that this information agrees with reality. Other needs for support that emerged from the theoretical analysis concern information on approaching traffic, signalling objects that are in the blind spot, and assisting the driver in directing his attention to relevant traffic signs and traffic signals.

For an analysis of ITS applications that *could provide the desired support*, the needs of elderly drivers have been translated into the required functions of support systems. Based on these functions, systems have been selected that can already provide such support, or are expected to do so in the future. These are: collision warning systems, systems for automated lane changing and merging, reversing aids, in-vehicle sign information systems, intelligent cruise control, and a driver information system that prepares the driver for complex intersections by giving him early information and warnings. As far as possible, these systems were evaluated on their strengths and weaknesses: do they have the desired effects, and what are possible side effects (such as behavioural adaptation)? This evaluation was based on the

results of practical studies as well as a theoretical analysis using the above-mentioned theoretical perspectives.

The most important conclusion of this evaluation is that, although systems exist that appear to provide support for the weaknesses of the elderly, many of these systems are still being developed. Partly because of this, little research has been carried out on the acceptance and behavioural effects of these systems. We are thus not yet able to maintain that they, when they are on the market, will really be used and really result in an improvement of the safety of the elderly driver. What is therefore necessary is a further development of ITS applications that are aimed at improving the elderly driver's safety. In addition, existing ITS applications should not only be tested by young, but also by elderly drivers. Elderly drivers have considerably more problems with carrying out telematics tasks, making it essentially important that safety and utility evaluations of systems emanate from the elderly driver. If elderly drivers are capable of carrying out a task safely and without much trouble, then the younger ones will certainly be able to.



# Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1. Onderzoekskader	9
1.2. Doel en opzet van deze studie	10
1.3. Opbouw van het rapport	10
<b>2. Theoretisch kader</b>	<b>12</b>
2.1. Een verantwoording voor de theorieën die samen het theoretisch kader vormen	12
2.2. Het task-capability-interface-model van Fuller	13
2.3. Human Factors / Ergonomische benadering	16
2.4. Cognitieve psychologie en de theorie van 'situation awareness'	18
2.5. Speltheorie	22
<b>3. De mens</b>	<b>26</b>
3.1. Sterke en zwakke punten van de (oudere) automobilist	26
3.1.1. Volgens de SWOT-analyse	26
3.1.2. Volgens het theoretische kader	27
3.2. Behoeftte aan ondersteuning vanuit de mens, met name de oudere automobilist	42
<b>4. De machine</b>	<b>46</b>
4.1. Sterke en zwakke punten van de machine in het algemeen	46
4.1.1. Volgens de SWOT-analyse	46
4.1.2. Volgens het task-capability-interface-model van Fuller	47
4.1.3. Volgens de HF-benadering	47
4.1.4. Volgens de cognitieve benadering	47
4.2. Evaluatie van machines die aansluiten op de zwakke punten van de mens	48
4.2.1. Voorbeelden van machines die aansluiten op de zwakke punten van de mens	49
4.2.2. Gebruikersacceptatie	56
4.3. Ontwerpprincipes	57
4.4. Kansen en bedreigingen van ondersteuning door machines	58
4.4.1. Onderlinge afstemming tussen ITS-toepassingen	58
4.4.2. Neveneffecten van ondersteuning: van human-out-of-the-loop tot gedragsadaptatie	60
4.4.3. Interactie tussen verkeersdeelnemers met en zonder ITS	62
4.5. Effectieve ondersteuningssystemen en hun kenmerken	63
<b>5. Optimale samenwerking tussen mens en machine: conclusies en aanbevelingen</b>	<b>65</b>
5.1. Conclusies ten aanzien van de behoefte aan ondersteuning	65
5.2. Conclusies ten aanzien van effectieve ondersteuningssystemen en hun kenmerken	65
5.3. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	66
<b>Literatuur</b>	<b>68</b>
<b>Bijlage</b>	<b>79</b>
<b>Tabel naar Malaterre &amp; Fontaine (1993)</b>	<b>79</b>



# 1. Inleiding

## 1.1. Onderzoekskader

De laatste decennia zijn op velerlei gebied (arbeids)taken van mensen ondersteund, bijvoorbeeld in productiebedrijven, controlekamers, en in cockpits van vliegtuigen. De beslissing om (deel)taken te automatiseren was niet altijd gebaseerd op de vraag voor welke taken ondersteuning wenselijk zou zijn. Hoewel ongevalstatistieken soms wel werden meegewogen, was de eenvoud waarmee een taak te automatiseren was doorslaggevend. Door simpele taken te automatiseren, blijven echter alleen de complexere taken over, zoals het oplossen van onvoorziene problemen. Daarmee kan de automatisering van (deel)taken het karakter van arbeidstaken aanzienlijk veranderen; van een evenwicht in uitvoerende en controlerende activiteiten, naar een voornamelijk controlerende taak met incidenteel een probleem-oplossende taak (Nilsson, Harms & Peters, 2001). Want de technische mogelijkheden reiken weliswaar steeds verder, maar alleen extreem simpele processen kunnen compleet worden geautomatiseerd. In andere gevallen zal de mens het werk van de machine moeten controleren. Er kan zich immers altijd een situatie voordoen die de ontwerpers van het geautomatiseerde systeem niet hadden voorzien. In zo'n situatie zal de mens, om ongevallen te voorkomen, alsnog zelf moeten ingrijpen. Hier stuit men op een gevaar. De mens is namelijk niet goed in het langdurig uitvoeren van controlerende activiteiten, en is tijdens zo'n langdurige controlerende taak ook niet goed in staat om adequaat in te grijpen als er op een niet te voorspellen moment iets mis blijkt te gaan (Embrey, 1994; Wickens & Hollands, 2000).

Op vergelijkbare wijze kan de invoering van ondersteunende systemen in het wegverkeer, zoals in de vorm van telematicasystemen (oftewel Intelligente Transportsystemen - ITS), de taken van de verkeersdeelnemer in negatieve zin veranderen wanneer de 'verkeerde taken' worden ondersteund. Maar telematicasystemen kunnen ook worden gezien als een mogelijkheid om juist die bestuurderstaken te ondersteunen waar de mens niet sterk in is, waardoor de veiligheid, de efficiëntie van het wegennet en het bestuurderscomfort kunnen worden verhoogd. In de onderhavige studie wordt getracht na te gaan wat deze zwakten van de mens zijn. Opdat de inzet van telematica de verkeersveiligheid niet bedreigt, maar vergroot.

Niet alle bestuurders hebben dezelfde capaciteiten. Naast kleine onderlinge verschillen zijn er groepen te onderscheiden die gemiddeld genomen een andere verhouding van sterkten en zwakten hebben. Voorbeelden daarvan zijn beginnende (en daardoor onervaren) autobestuurders, verkeersdeelnemers met specifieke functiestoornissen zoals een beperkt gezichtsveld of beperkte functionaliteit van de ledematen, en oudere verkeersdeelnemers als een groep verkeersdeelnemers met een vergrote kans op verschillende functiestoornissen. Deze laatste groep wordt in verschillende studies genoemd als een groep die door haar kenmerken een belangrijke doelgroep vormt voor telematicasystemen (Mitchell & Suen, 1997; Caird et al., 1998), en zal ook in dit project als zodanig speciale aandacht krijgen.

## 1.2. Doel en opzet van deze studie

Binnen dit project worden de sterkten en zwakten van de verkeersdeelnemer bestudeerd met als doel die bestuurderstaken te identificeren waarvoor ondersteuning het meest *gewenst* is. Daarbij ligt de nadruk op de groep van oudere automobilisten. Een tweede doel is de identificatie van telematicasystemen die in staat kunnen worden geacht om de gewenste ondersteuning te *bieden*. Daarbij ligt de nadruk op die systemen die de meeste potentie hebben om de verkeersveiligheid van oudere automobilisten te vergroten.

Het project bestaat uit vier onderdelen. Allereerst wordt het theoretisch kader uiteengezet waarbinnen de problematiek zal worden benaderd. Vervolgens wordt de bestuurderstaak beschreven. Deze beschrijving omvat onder meer een afweging van de sterkten en zwakten van de autobestuurder in het algemeen, en de oudere bestuurder in het bijzonder. Op basis van de beschrijving van de sterke en zwakke punten van de oudere automobilist wordt vervolgens een wensenpakket voor ondersteuning geformuleerd. Daarna wordt nagegaan in hoeverre bestaande telematicasystemen in deze behoefte aan ondersteuning kunnen voorzien. In de laatste fase worden de mogelijke bedreigingen voor ondersteuning door telematicasystemen besproken. Tezamen geven de vier onderdelen een beeld van de mate waarin de sterke punten van *bestaande* telematicasystemen aansluiten op de zwakke punten van de oudere automobilist, en voor welke aspecten van de bestuurderstaak er behoefte bestaat aan de ontwikkeling van *nieuwe* telematicasystemen.

Deze aanpak sluit aan bij het concept van Duurzaam Veilig; de mogelijkheden en beperkingen van de mens worden als uitgangspunt genomen voor het verbeteren van de verkeersveiligheid. Daar waar in het verleden voornamelijk gekeken werd naar de weginrichting als middel om een situatie te creëren waarin de kans op ongevallen zo klein mogelijk wordt, kijken we in deze studie naar de mogelijkheden die telematicasystemen hiervoor bieden.

## 1.3. Opbouw van het rapport

De sterke en zwakke punten van de taakuitvoering van de oudere automobilist en ITS-toepassingen worden in dit project elk beschreven vanuit een theoretisch kader dat gevormd wordt door het 'task-capability interface'-model van Fuller, de 'human factors'-theorie, theorieën uit de cognitieve psychologie, het concept van 'situation awareness', en de speltheorie. Daarnaast is er een SWOT-analyse uitgevoerd (Strengths Weaknesses Opportunities Threats). De keuze voor deze theoretische achtergrond is gebaseerd op literatuuronderzoek en intern overleg (Heijer & Wiersma, 2001; Roskam, Wiersma & Wouters, 2001). In *Hoofdstuk 2* wordt de keuze voor deze theorieën verantwoord, en wordt een korte beschrijving van de belangrijkste uitgangspunten gegeven. Kort gezegd komt het erop neer dat die theorieën geselecteerd zijn, die aanknopingspunten bieden voor een beschrijving van de sterke en zwakke punten van de mens, en waarbij de combinatie van theorieën inzicht geeft in alle facetten van het verkeersgedrag (perceptueel, cognitief, interactie met medeweggebruikers, enzovoort).

Op basis van deze theorieën worden in *Hoofdstuk 3* de sterke en zwakke punten van de oudere automobilist beschreven. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt op grond van deze sterke en zwakke punten de behoefte aan ondersteuning geformuleerd. In *Hoofdstuk 4* wordt nagegaan in hoeverre bestaande telematicasystemen in staat zijn om deze ondersteuning te bieden. De mogelijke gevaren die aan de ondersteuning door telematicasystemen kleven, worden hier ook beschreven. In het afsluitende *Hoofdstuk 5* wordt het rapport samengevat, en worden de wensen ten aanzien van toekomstige telematicasystemen geformuleerd.

## 2. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk worden de verschillende theorieën besproken die in de volgende hoofdstukken als theoretisch kader zullen dienen om te komen tot voorwaarden voor een zinvolle samenwerking tussen mens en machine. Een samenwerking die ervoor zorgt dat de zwakke punten van de mens succesvol worden ondersteund. Bij het achterhalen van de voorwaarden die nodig zijn om tot een dergelijke samenwerking te komen, vervult elk theoretisch kader een andere rol. Zowel bij het beschrijven van de behoefte aan ondersteuning als bij de beschrijving van het effect dat de inzet van ITS-toepassingen kan hebben op het menselijk gedrag. Op basis van deze twee 'rolverdelingen' worden de theorieën in de volgende paragraaf eerst in een gezamenlijk perspectief geplaatst, alvorens de inhoud van elk van de theorieën kort te beschrijven.

### 2.1. Een verantwoording voor de theorieën die samen het theoretisch kader vormen

De theorieën die tezamen het theoretisch kader van dit rapport vormen, zijn de human-factorstheorie, theorieën uit de cognitieve psychologie, het concept van 'situation awareness' (SA), de speltheorie en het 'task-capability interface'-model van Fuller. Deze theorieën zijn gekozen op grond van hun relevantie voor de beschrijving van verkeersgedrag, en de manier waarop ze elkaar aanvullen. Uiteraard zijn er nog meer modellen van menselijk gedrag die aan de bovenstaande criteria voldoen. Voor het beschrijven van de sterke en zwakke punten van de mens hebben we echter voor de bovenstaande gekozen. Een aantal andere modellen, zoals die ten aanzien van de gedragsadaptatie, komen later in het rapport nog aan bod (daar waar het gaat om de interactie tussen mens en machine).

Wanneer we de gekozen theorieën vergelijken aan de hand van de wijze waarop ze de mens beschrijven, kunnen we grofweg stellen dat:

- 1) de human factors (of ergonomische benaderingswijze) zich bezighoudt met wat de mens wel en niet kan in termen van de informatieverwerking;
- 2) de cognitieve psychologie zich in dat opzicht bezighoudt met de hogere-ordeprocessen (oplossen van problemen, nemen van beslissingen); en
- 3) de speltheorie zich bezighoudt met de wijze waarop mensen vervolgens met elkaar omgaan. Het task-capability-interface-model van Fuller (2000; 2001) kan worden gebruikt om de plaats te bepalen die deze drie menselijke processen (informatieverwerking, hogere-ordeprocessen en menselijke interactie) innemen in het totale verkeersproces (§ 2.2). Fullers model plaatst bovendien de mens, het voertuig, de omgeving (waaronder infrastructuur en medeweggebruikers) en de rijtaak in een gezamenlijk raamwerk. Met behulp van dit raamwerk beschrijft Fuller wat een taak moeilijk maakt en geeft hij aan wat de aanknopingspunten zijn om de rijtaak te vergemakkelijken. De door Fuller genoemde aanknopingspunten maken duidelijk dat het model een representant is van de systeembenadering: de mens wordt als weggebruiker niet geïsoleerd bekeken, maar in samenhang met het voertuig waarin/waarop hij rijdt, en de weg waarover en omgeving waarbinnen hij zich voortbeweegt (Asmussen & Kranenburg, 1985). Volgens deze benadering kunnen ongevallen bijna nooit worden toegeschreven aan slechts één van deze componenten; de componenten compenseren voor elkaars beperkingen. Zo had een ongeval als gevolg van slippen op een nat wegdek voorkomen kunnen worden door de bestuurder als deze minder

hard gereden had, door het voertuig als deze betere banden had gehad en/of voorzien was van een ABS-systeem, en door de weg als deze van ZOAB (zeer open asfaltbeton) was voorzien (Brouwer & Ponds, 1994).

In dit rapport wordt gekeken naar de inzet van ITS-toepassingen als middel om de rijtaak te vergemakkelijken. Ook voor de evaluatie van het effect daarvan op het gedrag van de weggebruiker hebben de theorieën die in dit hoofdstuk worden besproken een eigen functie binnen het theoretisch kader. De inzichten uit de human-factors- (of ergonomische) benadering (zie § 2.3) geven vooral aanknopingspunten voor richtlijnen waaraan de communicatie tussen mens en machine moet voldoen. Op welk moment moet je welke informatie aanbieden en hoe moet je die aanbieden?

Ongeacht of een ITS-toepassing aan dergelijke richtlijnen voldoet, kan het gebruik van de toepassing van invloed zijn op de kwaliteit van het resterende gedrag van de automobilist, dat wil zeggen het gedrag dat niet te maken heeft met de informatie die het systeem geeft. De theorie van situation awareness en de cognitief-psychologische theorieën waarop deze deels is gebaseerd (zie § 2.4), geven inzicht in dergelijke consequenties. Behoudt de mens, als hij nog slechts een deel van de taken zelf moet uitvoeren, genoeg overzicht over de gang van zaken en voldoende begrip van de situatie?

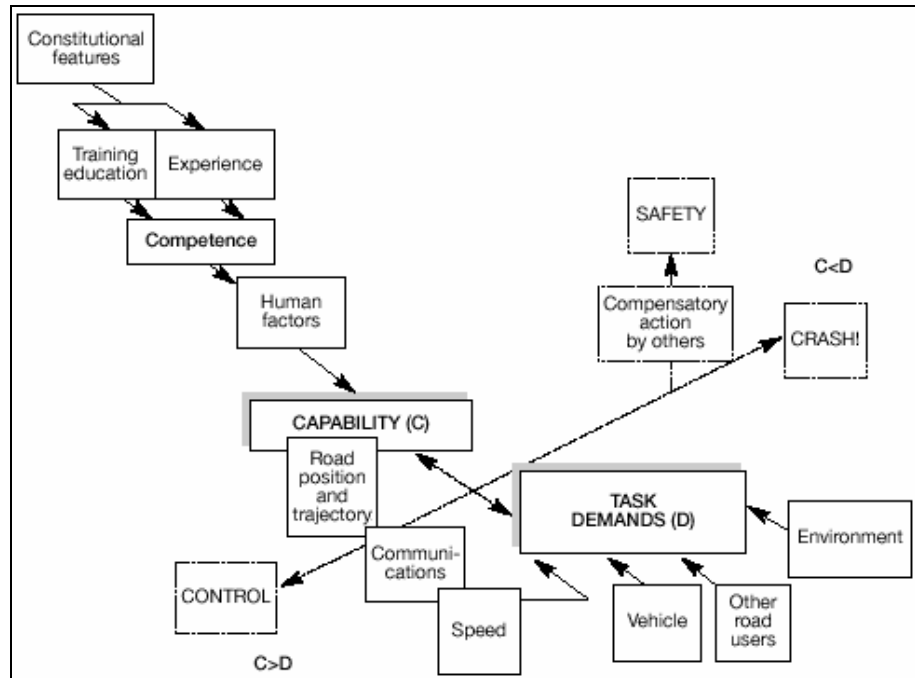
Tot slot kan het gebruik van ITS-toepassingen ook van invloed zijn op de communicatie tussen weggebruikers. Deze communicatie zou er anders uit kunnen gaan zien als een deel van de voertuigen is uitgerust met ITS-toepassingen; het 'gedrag' van deze voertuigen zou verwarring kunnen opleveren bij bestuurders van voertuigen die daarmee niet zijn uitgerust. De speltheorie is een theorie die aanknopingspunten biedt voor de vorm van ondersteuning die ITS-toepassingen moeten geven opdat het gebruik van deze toepassingen niet leidt tot voertuigen die, in de ogen van medeweggebruikers, buitenaards gedrag vertonen (zie § 2.5). Deze theorie geeft inzicht in de processen die een rol spelen bij het nemen van een gezamenlijke beslissing, zoals 'wie mag er eerst?'.

Aangezien Fullers model een overzicht geeft van het verkeersproces, wordt dit model in § 2.2 als uitgangspunt genomen voor het scheppen van het theoretisch kader. Vervolgens worden in § 2.3 t/m 2.5 de overige theorieën besproken die deel uitmaken van het theoretisch kader. Deze theorieën worden gebruikt voor een nadere beschrijving van de mens en de menselijke interactie.

## 2.2. Het task-capability-interface-model van Fuller

Het task-capability-interface-model van Fuller is een model dat de vermogens van de verkeersdeelnemer samenbrengt met de eisen van de wegomgeving. Fuller heeft dit model ontwikkeld in reactie op de theorieën die het gedrag van verkeersdeelnemers verklaren op basis van *risico's*, zoals de Risico Homeostase Theorie van Wilde (1982). Volgens die theorie zoekt de verkeersdeelnemer simpel gezegd naar een constant risiconiveau. Fuller daarentegen, verklaart het gedrag van verkeersdeelnemers op basis van hun streven naar *veiligheid*. De verkeersdeelnemer wil voorkomen dat hij bij een ongeval betrokken raakt; en dat is in de ene situatie moeilijker dan in de andere situatie. Deze moeilijkheid wordt volgens Fuller bepaald door de mate van overeenstemming tussen de momentane vermogens van de verkeersdeelnemer ('capability') en de taakvereisten van de voorliggende

situatie ('task demand'). In *Afbeelding 2.1* is het model grafisch weergegeven. De factoren die de momentane vermogens van de verkeersdeelnemer bepalen zijn linksboven weergegeven, terwijl de factoren die de taakvereisten van de actuele verkeerssituatie bepalen rechtsonder in de figuur zijn weergegeven.



Afbeelding 2.1. Het task-capability-interface-model van Fuller (2001).

De *momentane vermogens* ('capability') van een verkeersdeelnemer bepalen hetgeen waartoe hij<sup>1</sup> in staat is op het moment dat hij zich in een bepaalde situatie bevindt. Deze vermogens worden begrensd door zijn competentie ('competence'). Deze *competentie* is het resultaat van training, educatie en ervaring, maar wordt ook beïnvloed door de gesteldheid van het individu ('constitutional features'), die onder andere tot uiting komt in mentale en fysieke kenmerken zoals gezichtsvermogen, coördinatie en impulsiviteit. Fuller (2000) omschrijft competentie als de mate waarin een verkeersdeelnemer zich de reeks van vaardigheden heeft eigen gemaakt die behoren tot de kunst van het rijden: voertuigcontrole, het kunnen lezen van de weg (gevaar waarnemen en herkennen), en anticiperend en defensief rijgedrag. De momentane vermogens van een verkeersdeelnemer zijn niet per definitie gelijk aan zijn competenties. De competenties vormen de uiterste grens van wat iemand kan, maar of men dat op een specifiek moment ook kan, is afhankelijk van verschillende factoren die Fuller samenvat onder de term menselijke factoren ('human factors'). Voorbeelden van deze factoren zijn vermoeidheid, emoties, alcohol en andere drugs, stress, afleiding en gemotiveerdheid (Fuller, 2000). Het verschil tussen de bovengenoemde menselijke factoren en de eerdergenoemde gesteldheid is dat de eerste variabel of tijdelijk zijn, terwijl de laatste min of meer constant

<sup>1</sup> Uit het oogpunt van de leesbaarheid wordt in dit rapport uitsluitend naar de verkeersdeelnemer verwezen met het mannelijke 'hij' en 'zijn'. De lezer kan op deze plaats in alle gevallen ook 'zij' respectievelijk 'haar' lezen.



zijn, tenzij deze worden behandeld (bijvoorbeeld in het geval van oogandoeningen).

De *taakvereisten* ('task demands') van een verkeerssituatie worden bepaald door de omgeving (onder andere wegontwerp, weersomstandigheden, aanwezigheid van bebouwing en/of bebossing), het voertuig waarin men rijdt, de aanwezigheid en het gedrag van medeweggebruikers, de communicatie met deze medeweggebruikers, en de eigen snelheid en positie op de weg. Een voorbeeld van de manier waarop de wegomgeving de taakvereisten kan beïnvloeden is een kruispunt met beperkte zichtafstanden; de verkeersdeelnemer heeft hierdoor weinig tijd om te kijken, te interpreteren, te beslissen en de juiste actie te initiëren. Andere voorbeelden zijn weersomstandigheden zoals mist en zware regenval die het zicht belemmeren, en medeweggebruikers die druk uitoefenen om harder te gaan rijden.

Het interessantste kenmerk van Fullers model is het concept van *taakmoeilijkheid*. Dit concept is niet expliciet weergegeven in *Afbeelding 2.1*, maar is gedefinieerd als het resultaat van een vergelijking tussen vermogens en taakvereisten. Een situatie waarin de vermogens van de verkeersdeelnemer gelijk zijn aan of beter zijn dan de taakvereisten is - in theorie - een veilige situatie ( $C > D$ , zie *Afbeelding 2.1*). Het tegenovergestelde, een onveilige situatie, ontstaat wanneer de vermogens van de verkeersdeelnemer geringer zijn dan de eisen die de taak aan de verkeersdeelnemer stelt ( $C < D$ , zie *Afbeelding 2.1*). Een dergelijke situatie zal leiden tot ongevallen, tenzij andere verkeersdeelnemers deze afloop kunnen voorkomen (Fuller, 2000). De processen die zich binnen de verkeersdeelnemer afspelen op het snijvlak tussen vermogens en taakvereisten, zijn het domein van de cognitieve theorieën die in § 2.4 aan bod zullen komen.

Een ander waardevol aspect van het model is dat het de cognitieve, motivationele en sociale factoren, de voertuig- en omgevingsfactoren en de human factors in één conceptueel raamwerk integreert. Daarmee geeft het model van Fuller tevens aanknopingspunten voor de verschillende maatregelen die de taakmoeilijkheid kunnen verlagen. Zo kan de taakmoeilijkheid worden verlaagd door de rijvaardigheid te verbeteren met professionele training, of door voorlichting over compensatiestrategieën. Heropleiding kan gericht zijn op het verbeteren van slechte rijgewoontes, maar kan er ook op zijn gericht om te compenseren voor gezichtsstoornissen. Indien succesvol, zal de eerstgenoemde focus van heropleiding leiden tot een betere rijvaardigheid, en de tweede tot een geringere invloed van mentale en/of fysieke kenmerken. Beide interventies zullen leiden tot een betere competentie om auto te rijden. Afhankelijk van de menselijke factoren die op dat moment een rol spelen, zullen de betere competenties tevens leiden tot een verhoging van de momentane vermogens van de verkeersdeelnemer, waardoor de taakmoeilijkheid zal verlagen (gegeven bepaalde taakvereisten). Overigens bevat de bovenstaande beschrijving termen die niet in het model van Fuller voorkomen. Fuller maakt in zijn model geen gebruik van het onderscheid tussen rijvaardigheid en rijgeschiktheid als de twee componenten van rijcompetentie. *Rijvaardigheid* verwijst naar het gemak en de veiligheid waarmee iemand door het verkeer rijdt, efficiënt gebruikmakend van zijn kennis, basisvaardigheden en hulpmiddelen. *Rijvaardigheid* wordt opgebouwd door leren en ervaring. De *rijgeschiktheid* heeft betrekking op het beschikken over de mentale en fysieke vermogens die nodig zijn om

veilig auto te rijden zonder het overige verkeer noemenswaardig te hinderen (Brouwer & Ponds, 1994). Fuller beschrijft in zijn model wel de *voorwaarden* voor rijvaardigheid en rijgeschiktheid - te weten 'training/education' en 'experience', en 'constitutional features' - maar benoemt de afzonderlijke resultanten niet. Daarbij gaat hij in feite ook voorbij aan het feit dat, in ieder geval praktisch gezien, de rijvaardigheid na het leerproces niet kan afnemen, maar de rijgeschiktheid wel. Afgezien van de tijdelijke ongeschiktheid om te rijden als gevolg van alcoholgebruik (die volgens het model van Fuller onder 'human factors' valt), kan iemand ook ongeschikt raken als gevolg van medische aandoeningen, waaronder die ten gevolge van het verouderingsproces. Dergelijke aandoeningen tasten de 'constitutional features' aan, die Fuller als een constante beschouwt. In dit opzicht is een wijziging van Fullers model gewenst, opdat het beter aansluit op een belangrijke doelgroep in deze studie, de oudere verkeersdeelnemer.

Een andere manier waarop de taakmoeilijkheid kan worden verlaagd, is door de taakvereisten te verlagen. Dit is de aanpak die centraal staat in de human-factorsbenadering (zie § 2.3). Het ligt voor de hand om bij een verlaging van de taakvereisten te denken aan infrastructurele aanpassingen (overzichtelijke kruispunten, goed zichtbare wegmarkering, en dergelijke). Maar ook aanpassingen aan het voertuig in de vorm van telematicasystemen kunnen de taakvereisten verlagen. In het laatste geval neemt het voertuig met haar toegevoegde applicaties als het ware een deel van de benodigde vermogens voor zijn rekening. Bijvoorbeeld de navigatiefunctie, het koers houden, of het aanpassen van de snelheid aan de geldende omstandigheden. Met deze twee laatste vormen van ondersteuning komen we bij een derde manier waarop de taakmoeilijkheid kan worden verlaagd. De verkeersdeelnemer kan immers ook zelf een actieve rol vervullen in het verlagen van de taakmoeilijkheid: door zijn snelheid te reduceren, door zijn positie op de weg of zijn koers te wijzigen, of door met zijn medeweggebruikers te communiceren. De laatstgenoemde strategie wordt aan de hand van de speltheorie nader uitgewerkt in § 2.5.

Voor het vervolg is vooral het concept van taakmoeilijkheid van belang, en de plaats die telematicasystemen innemen te midden van de andere mogelijke maatregelen om de taakmoeilijkheid te verlagen. Het model van Fuller laat zien dat telematicasystemen (en hun effect op de taakmoeilijkheid) niet los kunnen worden gezien van de invloeden van andere factoren (rijsnelheid, wegomgeving, andere weggebruikers). Tegelijkertijd moet worden gerealiseerd dat telematicasystemen weliswaar kunnen worden ingezet om een verlaging van de taakmoeilijkheid te bewerkstelligen, maar dat bij een onjuist ontwerp of een oneigenlijk gebruik deze zelfde inzet juist kan leiden tot een verhoging van de taakmoeilijkheid (bijvoorbeeld door een contra-intuïtieve werking van het systeem). Deze redenering gaat uiteraard ook op voor de inzet van andere maatregelen zoals infrastructurele maatregelen.

### 2.3. Human Factors / Ergonomische benadering

Uitgaande van de functie die telematicasystemen kunnen hebben in het vergemakkelijken van de rijtaak, is het vervolgens de vraag waar machines aan moeten voldoen opdat zij deze ondersteuning bieden op een manier die geen extra belasting oplevert. Belangrijke aspecten hierbij zijn de manier waarop het systeem moet worden bediend, de manier waarop informatie

wordt aangeboden, en de manier waarop duidelijk wordt gemaakt dat het systeem niet meer functioneert (Heijer, 1997; OECD, 2003). Vanuit de human factors (of ergonomische benadering afhankelijk van het continent waaruit het onderzoek afkomstig is) zijn verschillende rapporten en richtlijnen verschenen die op deze aspecten ingaan (Stevens et al, 2002; Regan et al., 2001; Green, 2001a; en specifiek gericht op de oudere automobilist Caird et al., 1998).

Het uitgangspunt bij de 'human factors (HF)'-benadering is dat de mens centraal staat en niet de taak: de taak moet worden aangepast aan de persoon ('fitting the job to the person') in plaats van andersom. Volgens deze zienswijze is de belangrijkste oorzaak van het ontstaan van menselijke fouten de slechte afstemming tussen de eisen die het systeem stelt en de menselijke vermogens. Om fouten te voorkomen moet in het ontwerp van een taak rekening worden gehouden met de fysieke en mentale kenmerken van de mens. Dit geldt bijvoorbeeld voor het ontwerp van de interactie tussen mens en machine (onder andere interfaces), maar ook voor het bepalen van de maximale fysieke en mentale taakbelasting.

Het mensbeeld dat in de beginjaren van de HF-benadering (de jaren 1940-1960) als basis werd genomen voor het taakontwerp, was in sterke mate gebaseerd op het behavioristische model van de mens: een black box waarvan het onduidelijk is wat er gebeurt tussen de input en output van informatie. Typisch menselijke kenmerken als denkprocessen en de vrije wil zijn daarin niet vertegenwoordigd. Later - vanaf de jaren zestig - werd de 'black box' ingevuld in termen van de informatieverwerkende processen die zich daar afspelen. De mens werd gezien als informatieverwerker met een beperkte informatieverwerkingscapaciteit. Op basis daarvan werden studies verricht naar de maximale mentale belasting en de waakzaamheid gedurende zeer lage stimulatie-niveaus. In het kader van de onderhavige studie zijn de resultaten van voornoemde studies relevant om de behoefte aan ondersteuning tijdens de rijtaak te bepalen, maar ook om eisen voor het ontwerp van specifieke ondersteunende systemen op te stellen.

Om een goede afstemming tussen taakvereisten en menselijke vermogens te bereiken, wordt in de HF-benadering voornamelijk gebruikgemaakt van ontwerpprincipes en -richtlijnen. De belangrijkste toepassing van de HF-benadering vindt plaats bij het ontwerp van nieuwe systemen. Daarnaast wordt deze benadering ook toegepast om beperkingen in bestaande systemen op te sporen.

Hoewel de HF-benadering de mens centraal stelt en in sterke mate rekening houdt met de fysieke en mentale kenmerken van de mens, wordt binnen deze benadering geen aandacht besteed aan menselijke kenmerken als het betekenis geven aan een taak, intenties, en onderwerpen als het oplossen van problemen, het nemen van beslissingen en het stellen van diagnoses. Deze kenmerken zijn wellicht niet zo van belang bij de directe interactie tussen de machine en de bedienende mens, maar bijvoorbeeld wel voor de bredere context van de rijtaak (zoals de gevolgen die de overname van delen van de rijtaak door een machine, heeft voor de prestatie van de automobilist op zijn overige taken als weggebruiker) en voor de interactie tussen de machine als surrogaat-mens en een medeweggebruiker (de auto met telematicavoorzieningen kan door zijn gedrag een 'buitenaards wezen' lijken). Dergelijke indirecte negatieve consequenties worden bij een cognitieve benaderingswijze zoals de theorie van 'situation awareness' wél meegenomen.

## 2.4. Cognitieve psychologie en de theorie van 'situation awareness'

In vergelijking met de HF-benadering geeft de cognitieve benadering, die is ontstaan tijdens de jaren 1970-1980, een nadere invulling aan de centrale rol van de mens, door te benadrukken dat mensen betekenis geven aan de informatie die zij ontvangen, en dat hun acties bijna altijd gericht zijn op het bereiken van expliciete of impliciete doelen. Daarmee is de cognitieve benadering vooral geschikt voor het analyseren van hogere-ordefuncties zoals het oplossen van problemen, het nemen van beslissingen en het stellen van diagnoses. De cognitieve psychologie heeft verschillende theoretische modellen opgeleverd die beschrijven hoe de mens deze hogere-ordefuncties uitvoert. In de literatuur over Intelligente Transport-systemen worden twee theoretische modellen veelvuldig genoemd: het SRK-model ('Skill-', 'Rule-' en 'Knowledge-based') van Rasmussen (1986) en het hiërarchisch taakmodel van Michon (1971). Beide modellen worden hier kort beschreven. Daarnaast wordt in deze paragraaf het concept van 'situation awareness' besproken: een relatief nieuw onderzoeksterrein op het snijvlak van de HF-benadering en de cognitieve psychologie dat zich in het bijzonder bezighoudt met het beeld dat de mens heeft van zijn omgeving (op basis waarvan hij beslissingen neemt), en hoe dit beeld kan worden verbeterd (of verstoord) door training en technologie.

### *Het SRK-model van Rasmussen*

Rasmussen (1986) beschrijft het gedrag van de mens aan de hand van de mate waarin het individu bewuste controle uitoefent op de acties die hij uitvoert. In het SRK-model worden drie gedragstypen met bijbehorende niveaus van informatieverwerking onderscheiden; het 'knowledge-based' niveau en het 'skill-based' niveau vormen de uitersten, met daar tussenin het 'rule-based' niveau. Naarmate de ervaring met een bepaalde activiteit toeneemt, zal het controleniveau verschuiven van 'knowledge-based' naar 'skill-based'.

Op het '*knowledge-based*' niveau wordt een taak zeer bewust uitgevoerd. Op dit prestatieniveau wordt gefunctioneerd wanneer iemand een nieuwe taak voor het eerst uitvoert, of wanneer een ervaren persoon een hem/haar bekende taak in een geheel nieuwe omgeving, die andere regels kent, moet uitvoeren. Er moet worden nagegaan wat er in de voorliggende situatie precies voor stappen moeten worden ondernomen om het gewenste doel te bereiken. Doordat er geen routine aanwezig is of doordat men moet improviseren, kost de actie veel mentale inspanning en verloopt de uitvoering van de taak traag.

Het '*skill-based*' niveau heeft juist betrekking op de routinematige uitvoering van taken, waarbij vrijwel geen sprake is van bewuste taakuitvoering. Op dit prestatieniveau worden taken snel en zonder veel mentale inspanning uitgevoerd op basis van automatismen die bestaan uit goed geoefende procedures. De procedure hoeft als het ware alleen te worden opgestart en verloopt daarna volledig automatisch. Daar waar de taakuitvoering op het knowledge-based niveau wordt aangestuurd door doelen, wordt de taakuitvoering op skill-based niveau aangestuurd door sensorische informatie.

In situaties waarin de te hanteren regels voor uitvoering van de taak wel voorhanden zijn, maar niet zo vaak worden gebruikt (nog niet zo geoefend zijn), functioneert men op het '*rule-based*' niveau. Op dit niveau worden beschikbare regels stuk voor stuk opgevolgd. In vergelijking met de taakuitvoering op skill-based niveau zijn de taken die op rule-based niveau

worden uitgeoefend minder vaak geoefend en worden de regels bewuster toegepast. Indien gevraagd zal de taakuitvoerder zich de gebruikte regels nog kunnen herinneren. In vergelijking met de taakuitvoering op knowledge-based niveau zijn de te gebruiken regels bij de taakuitvoering op rule-based niveau bekend, terwijl deze op het knowledge-based niveau nog moeten worden opgesteld op basis van bewuste analytische processen en opgeslagen kennis.

#### *Hiërarchische structuur van de rijtaak*

Michon (1971; 1985) heeft de problemen die de automobilist als weggebruiker moet oplossen (eveneens) in drie taakniveaus ingedeeld: strategisch (planning), tactisch (manoeuvreren) en operationeel (controle). Op het *strategische niveau* worden beslissingen genomen over routekeuze, vervoerwijzekeuze en het tijdstip waarop de rit zal plaatsvinden. Op het *tactische niveau* worden beslissingen genomen over hoe om te gaan met de verkeerssituaties waarin men zich bevindt zoals bochten en kruispunten, wanneer men kan inhalen of invoegen, en hoe obstakels ontweken kunnen worden. Op het *operationele niveau* worden beslissingen genomen die betrekking hebben op voertuigcontrole (dat wil zeggen sturen, remmen, schakelen). De drie niveaus zijn hiërarchisch in de zin dat het strategische niveau bepaalt wat er op tactisch niveau moet gebeuren, en de activiteiten die op het operationele niveau plaatsvinden zijn weer afhankelijk van de activiteiten die op tactisch niveau plaatsvinden. In die gevallen dat activiteiten op een lager niveau niet kunnen worden uitgevoerd, zal een beslissing op hoger niveau herroepen moeten worden. Als het bijvoorbeeld onmogelijk is om in te halen vanwege de drukte op de andere weghelft (tactisch), dan kan het zijn dat men moet afzien van het (strategische) plan om de pont van kwart over vier te halen (Michon, 1989). Overigens kan uit het voorgaande niet worden afgeleid dat deze hiërarchische structuur ook zo in iemands cognitie gerepresenteerd is; de drie taakniveaus zijn slechts het resultaat van een zeer summiere analyse van de rijtaak, aldus Michon (1989).

De taakniveaus zijn niet alleen te onderscheiden naar hiërarchisch (detail)niveau, maar ook in temporele zin. De taken die op het strategisch niveau moeten worden uitgevoerd, vergen de meeste tijd: in de orde van minuten of zelfs langer. De taken die op tactisch niveau worden uitgevoerd duren slechts seconden, en taken op operationeel niveau zelfs maar milliseconden (Hommels & Hale, 1989). Een interessanter temporeel verschil is echter de beschikbare tijd om beslissingen te nemen. Geringe verschillen tussen de beschikbare en benodigde tijd om beslissingen te nemen leiden namelijk tot tijdsdruk; een factor die gerelateerd is aan de kwaliteit van menselijke prestaties (Hendy, East & Farrell, 2001). Beslissingen op het strategische niveau hoeven over het algemeen niet onder tijdsdruk te worden genomen; ze kunnen voorafgaand aan de trip of in ieder geval minuten voor de uit te voeren handeling worden genomen. Beslissingen op het tactische niveau worden tijdens het rijden en onder lichte tijdsdruk genomen. Beslissingen op het operationele niveau vinden vrijwel continu plaats tijdens de visuele waarneming en de acties die nodig zijn om het voertuig op de juiste koers te houden. Op dit niveau is sprake van een continue tijdsdruk, aangezien de automobilist slechts beperkte tijd heeft om op risicovolle situaties te reageren of deze te vermijden (Brouwer, Rothengatter & Van Wolffelaar, 1988).

Hoewel de hiërarchische structuur van de rijtaak, zoals reeds gezegd, niet als zodanig gerepresenteerd is in de cognitie van de weggebruiker, biedt de hiërarchische structuur wel mogelijkheden voor compensatiegedrag; de tijdsdruk op het operationele en tactische niveau kan worden verlaagd door keuzes op respectievelijk het tactische en strategische niveau. Zo kan men er op strategisch niveau voor kiezen om de drukke ochtendspits te vermijden, en kan men op tactisch niveau snelheid minderen en de volgafstand vergroten zodat men meer tijd heeft om op onverwachte gebeurtenissen te reageren (Brouwer, 1989; Van Winsum, 1996). Deze - door de hiërarchische structuur van de rijtaak geboden - mogelijkheden worden door weggebruikers ook benut, maar zonder dat ze daarbij de bovengenoemde drie hiërarchische niveaus als zodanig in gedachten houden.

In *Tabel 2.1* zijn de hiërarchische modellen van Rasmussen en Michon tegen elkaar afgezet, en voorzien van voorbeelden van rijtaken die worden uitgevoerd op de verschillende controleniveaus van het model van Michon, in de omstandigheden die leiden tot de verschillende niveaus van informatieverwerking volgens het SRK-model van Rasmussen. De taken van de ervaren automobilist bevinden zich op de diagonaal van linksboven naar rechtsonder, en in het kwadrant linksonder (in *Tabel 2.1* zijn deze taken grijs weergegeven). De taken van de onervaren automobilist worden voornamelijk beschreven door het kwadrant rechtsboven (Hale, Stoop & Hommels, 1990). Naarmate de automobilist meer ervaring heeft met een bepaalde rijtaak, wordt de taak uitgevoerd op een niveau dat zich lager in de tabel bevindt. Operationele taken worden – ook door onervaren automobilisten – al vrij snel op skill-based niveau uitgevoerd. Strategische taken blijven, in een onbekende omgeving, om aandacht vragen en worden ook door ervaren automobilisten nog op knowledge-based niveau uitgevoerd. Zoals in de kolom voor strategische taken duidelijk zichtbaar is, vraagt de navigatietask minder aandacht naarmate deze in een bepaalde omgeving vaker is uitgevoerd; de navigatie tijdens de route die voor woon-werkverkeer wordt afgelegd, wordt uitgevoerd op skill-based niveau.

	Strategisch/plannen	Tactisch/manoeuvreren	Operationeel/controleren
'Knowledge'	Navigeren in een onbekende omgeving	Voertuigcontrole tijdens een slippartij op een glatte weg	Beginneling tijdens zijn eerste les
'Rule'	Keuze tussen bekende routes	Passeren van andere voertuigen	Rijden in een onbekende auto
'Skill'	Route die gebruikt wordt voor dagelijks woon-werkverkeer	Bekende kruising oversteken	Voertuigcontrole in bochten

*Tabel 2.1. Voorbeelden van rijtaken ingedeeld volgens de hiërarchische structuur van de rijtaak van Michon en het SRK-model van Rasmussen (uit: Hale, Stoop & Hommels, 1990).*

Hale, Stoop & Hommels (1990) veronderstellen dat gedrag dat op rule-based en skill-based niveau wordt uitgevoerd, homogener en voorspelbaarder is dan gedrag op knowledge-based niveau. Ervan uitgaande dat deze veronderstelling juist is, stellen zij dat voorkomen moet worden dat mensen tijdens het rijden knowledge-based gedrag moeten

uitvoeren. Dit betekent dat weggebruikers zoveel mogelijk gebruik moeten kunnen blijven maken van hun routines. Daarvoor zal het ontwerp van wegsituaties zoveel mogelijk moeten aansluiten op de verwachting die weggebruikers op grond van hun ervaring hebben (zie ook Brouwer & Davidse, 2002).

Eerder werd reeds gesteld dat de routines op skill-based niveau als het ware worden opgestart door sensorische informatie. Vanuit het oogpunt van de cognitieve psychologie kan derhalve de vraag worden gesteld of de inzet van ondersteunende systemen ertoe zal leiden dat de mens niet meer voldoende bij de les is. Behoudt hij genoeg overzicht over de gang van zaken en begrip van de situatie om beslissingen te nemen en diagnoses te stellen, en is de mens nog in staat (alert, vaardig) om de taak over te nemen als de machine het begeeft? Deze onderwerpen komen aan bod in *Hoofdstuk 4*.

#### *Situation awareness*

Een onderzoeksterrein dat zich specifiek bezighoudt met de manier waarop machines het gedrag van mensen kunnen beïnvloeden (zowel in positieve als negatieve zin), is het studiegebied van de 'situation awareness' (SA; in het vervolg ook aangeduid met de term 'situatieel bewustzijn'). SA-onderzoek is aan het eind van de jaren tachtig van de vorige eeuw ontstaan binnen het human-factorsonderzoek in de luchtvaartindustrie. Sindsdien heeft het SA-onderzoek zich verbreed van systeemdesign en systeem-evaluatie tot training, selectie en fundamenteel onderzoek op het terrein van de onderliggende cognitieve processen (Endsley & Garland, 2000). Doordat het onderzoeksterrein van de SA zich nog duidelijk in een ontwikkelingsstadium bevindt, is veel van de huidige theoretische basis nog speculatief en veelal ontleend aan gerelateerde psychologische disciplines, zoals de hiervoor besproken (cognitieve) ergonomie en cognitieve psychologie.

Het concept van SA kan worden geplaatst op het snijvlak van de HF-theorie en de cognitief-psychologische theorieën. Een belangrijk deel van het onderzoek naar SA is namelijk gericht op de perceptie en daarmee heeft SA hetzelfde aandachtsgebied als de HF-theorie. De theorie van SA gaat echter verder dan de perceptuele processen waar de HF-theorie zich op richt; de mens wordt beschouwd als een cognitief wezen dat betekenis geeft aan de wereld om zich heen. Het aandachtsgebied van de SA reikt daarentegen niet zo ver als de cognitieve psychologie; de SA-theorie beperkt zich tot dat deel van het informatieverwerkingsproces dat gaat van selectie van relevante informatie tot en met de cognitieve verwerking van deze informatie. De cognitieve psychologie is ook gericht op het daaropvolgende besluitvormingsproces en de keuze van de uit te voeren actie. Om de definitie van Endsley (1988; geciteerd in Endsley, 2000) te gebruiken, is het situatieel bewustzijn de "perceptie van de elementen in de omgeving binnen een volume van tijd en ruimte, het begrip van hun betekenis en de projectie van hun status in de nabije toekomst". Korter verwoord kan het situatieel bewustzijn van een persoon worden gezien als zijn interne model van de (huidige) toestand van de (dynamische) wereld om zich heen (Endsley, 2000; Matthews, Bryant & Webb, 1999).

De definitie van Endsley geeft al aan dat het concept van SA is opgebouwd uit drie elementen, die tevens de niveaus van SA aangeven. Het eerste niveau is het niveau van de perceptie van omgevings-elementen. Op het

tweede niveau van SA wordt de verzamelde informatie gecombineerd, geïnterpreteerd en opgeslagen. In dit tweede stadium wordt betekenis gegeven aan de verschillende stukjes informatie, en wordt het nut ervan bepaald voor de persoonlijke doelen (bijvoorbeeld het oversteken van een kruispunt). Op het hoogste, derde niveau van SA worden toekomstige situaties voorspeld op basis van de informatie die men heeft over de huidige situatie. Het bereiken van het derde niveau van SA geeft de mens de ruimte (lees: tijd) om beslissingen te nemen, en is daarmee kenmerkend voor de expert (Endsley, 2000).

De nauwkeurigheid en de compleetheid van de SA die iemand op een bepaald moment heeft, kan door zowel interne als externe factoren worden beïnvloed. Interne factoren die de SA kunnen beïnvloeden, zijn onder meer de mate waarin de betreffende persoon zijn aandacht richt op de verschillende omgevingsaspecten, en zijn verwachting en routine. De twee laatstgenoemde factoren, die beide het resultaat zijn van ervaring, kunnen zowel positief als negatief bijdragen aan een goede SA. In positieve zin doordat routine ervoor zorgt dat er minder bewuste aandacht nodig is om de aandacht op de juiste plaatsen in de omgeving te richten; plaatsen die effectiever zijn geselecteerd uit alle mogelijke plaatsen door een verwachtingspatroon dat is opgebouwd door ervaring. Routine en verwachting kunnen een negatieve invloed hebben op het bereiken van een goede SA in situaties die lijken op bekende situaties, maar daar in essentiële zin toch van afwijken. Verwachting en routine kunnen er in dergelijke situaties toe leiden dat de aandacht op de verkeerde plaatsen wordt gericht, waardoor informatie die van belang is voor een goede SA wordt gemist. Externe factoren die de SA in negatieve zin kunnen beïnvloeden, zijn onder meer stress en een hoge taakbelasting. Een manier om de SA te verbeteren is via extra informatievoorziening, bijvoorbeeld door toevoeging van nieuwe technologieën zoals GPS en antibotssystemen (Matthews et al., 2001). Dergelijke technologieën kunnen echter ook leiden tot een *verlies* van situation awareness, bijvoorbeeld doordat de verkeersdeelnemer geen overzicht meer heeft over de beschikbare informatie, of waar hij bepaalde informatie moet plaatsen. In dit kader zijn de volgende woorden van Endsley (2000) treffend:

"It should be clearly noted (...) that technological systems do not provide SA in and of themselves. It takes a human operator to perceive information to make it useful." En: "The highlighted emphasis on SA in current system design has occurred because we can now do more to help provide good SA through decision aids and system interfaces, and we are far more able to actually hinder SA through these same efforts if, as designers, we fail to adequately address the SA needs of an operator." (Endsley, 2000: p. 9-10)

## 2.5. Speltheorie

De speltheorie kan behulpzaam zijn bij het bepalen van de communicatieve vaardigheden waarover ITS-toepassingen moeten beschikken om op 'aardse' wijze te kunnen communiceren met de buitenwereld (de mede-gebruikers van zijn gebruiker). De speltheorie gaat ervan uit dat iemand die een beslissing moet nemen waarbij ook anderen betrokken zijn, uitsluitend kan anticiperen op de *waarschijnlijke* reactie van de anderen. Van den Doel & Van Velthoven (1990) omschrijven het spel als volgt:

"Een *spel* is een (wiskundige) simulatie van de interactie van het gedrag van verschillende individuen, waarbij een logisch verband wordt gelegd tussen de doelstellingen van de subjecten, hun handelwijzen en de resultaten die zij bereiken. De subjecten wier gedrag



wordt bestudeerd, heten *spelers*. De wijze waarop een speler in een bepaalde situatie handelt, heet een *strategie*. Het resultaat van een strategie wordt omschreven als de *uitkomst*, en deze uitkomst wordt geëvalueerd op basis van het nut dat de spelers ervan ondervinden.” (Van den Doel & Van Velthoven, 1990; p. 73)

Vaak hebben de spelers van een bovengenoemd spel tegengestelde belangen, en streven zij ernaar om hun eigen belang te laten prevaleren. Om dat doel te bereiken is informatie nodig, onder meer over de motieven/voorgenomen acties van de tegenspeler(s). Die informatie is echter niet (of niet volledig) beschikbaar; sterker nog, men weet vaak juist niet zeker wat de ander gaat doen. Daardoor neemt men een gok op basis van wat men denkt dat de ander zal doen.

Met deze situatie als uitgangspunt, zijn er in de loop van de tijd verschillende voorbeelden uitgewerkt die laten zien hoe het spel in verschillende omstandigheden wordt gespeeld. Een bekend voorbeeld is het *prisoners' dilemma*. Bij dit speltype worden twee verdachten van een gezamenlijk gepleegd ernstig misdrijf apart verhoord. Op het misdrijf staat een lange gevangenisstraf. Er is bewijsmateriaal om beide verdachten te veroordelen voor een licht vergrijp. Bij de verhoren over het ernstige misdrijf hebben beide verdachten de keuze tussen een verklaring afleggen en zwijgen. Levert de één door getuigenis het bewijs van de schuld van de ander, dan gaat de verrader vrijuit en krijgt de ander een lange gevangenisstraf. Als beide verdachten elkaar verraden, dan delen ze de gevangenisstraf. Ontkennen ze allebei, dan zullen ze wegens gebrek aan bewijs voor het ernstige misdrijf ieder slechts één jaar gevangenisstraf krijgen voor het lichte vergrijp. In *Tabel 2.2* worden deze situaties samengevat, waarbij de aangegeven waarden gelijk zijn aan het aantal jaren dat verdachte A respectievelijk verdachte B in de gevangenis moet doorbrengen.

	Verdachte B legt een verklaring af	Verdachte B zwijgt
Verdachte A legt een verklaring af	15, 15 (A, B)	0, 30 (A, B)
Verdachte A zwijgt	30, 0 (A, B)	1, 1 (A, B)

*Tabel 2.2. Voorbeeld van het 'Prisoners' dilemma' (gebaseerd op Dietz, Heijman & Kroese, 1990).*

Uit *Tabel 2.2* valt af te leiden dat verdachte A, ervan uitgaande dat hij niet weet wat verdachte B doet, beter af is door zijn medeverdachte te verraden: als verdachte B zwijgt, dan wordt verdachte A vrijgesproken en als verdachte B zelf ook verraad pleegt, dan deelt hij de gevangenisstraf. Ook voor verdachte B geldt dat de veiligste optie verraden is. Maar als beide verdachten het op een akkoordje zouden kunnen gooien, dan zouden ze afspreken beide te zwijgen. Ze hoeven dan immers beiden slechts 1 jaar gevangenisstraf uit te zitten. Het probleem is alleen dat die samenwerking niet mogelijk is. Doordat er bij het prisoners' dilemma niet kan worden samengewerkt, is de uitkomst sub-optimaal; de totale gevangenisstraf is niet geminimaliseerd.

Een speltype dat van toepassing is op verkeersgedrag is het zogenoemde *Chicken game*. Oye (1985) beschrijft dit speltype aan de hand van de verkeerssituatie waarin twee automobilisten op elkaar af rijden op een smalle weg. Als de ene automobilist opzij gaat en de ander niet, dan zal de eerstgenoemde leiden onder het stigma van 'chicken', terwijl de ander zichzelf de held mag noemen. Als geen van beide automobilisten uitwijkt, zullen beide automobilisten lijden onder het ongeval dat onherroepelijk zal volgen. Als beide automobilisten uitwijken, dan zal het verlies van de 'reputatie' van beide automobilisten beperkt blijven. In *Tabel 2.3* worden deze situaties samengevat, voorzien van een gevoelswaarde die de mate van schade weergeeft (negatieve waarden drukken verlies uit). Uit deze tabel is af te leiden dat beide automobilisten het liefst doorrijden (de hoogste waarde). Maar uit angst voor een ongeval zullen ze eieren voor hun geld kiezen en er allebei voor kiezen om uit te wijken.

	Automobilist B wijkt uit	Automobilist B rijdt door
Automobilist A wijkt uit	-1, -1 (A, B)	-2, 2 (A, B)
Automobilist A rijdt door	2, -2 (A, B)	-10, -10 (A, B)

Tabel 2.3. Voorbeeld van het 'Chicken game'.

Voor de bovengenoemde spelen geldt dat de uitkomsten nog door een aantal factoren kunnen worden beïnvloed. Een eerste factor is de aanwezigheid van een machtsverhouding. In het geval van het prisoners' dilemma kan er bijvoorbeeld sprake zijn van een machtsverhouding als een van beide verdachten een hogere positie inneemt in de criminele organisatie waartoe zij behoren. In het verkeer kunnen machtsverschillen ontstaan door verkeersregels (bijvoorbeeld een verkeersbord dat de volgorde bepaalt waarin verkeer uit tegengestelde richting een nauwe doorgang mag passeren), verschillen in vervoerswijze of het uiterlijk van de weg waarop men rijdt. Wanneer de vervoersmiddelen van de verkeersdeelnemers in massa verschillen, dan heeft de verkeersdeelnemer met het zwaarste voertuig de meeste macht (bijvoorbeeld fiets versus auto of vrachtwagen). Verschillen in wegtype tussen kruisende wegen kunnen leiden tot informeel voorrangsgedrag dat in strijd is met de formele voorrangregeling (daar waar het verkeer uit een smalle weg formeel gezien voorrang heeft op een op het oog belangwekkender weg).

Een tweede factor die de uitkomsten kan beïnvloeden, is de mate waarin de spelers elkaars gedrag kunnen waarnemen, en daarmee mogelijk beïnvloeden. Bij het prisoners' game is dit onmogelijk; de verdachten worden apart verhoord (dreigementen over eventuele wraak daargelaten). In verkeerssituaties waarin verkeersdeelnemers elkaar van ver af kunnen zien aankomen, kunnen de betrokkenen inschatten wat het gedrag van de ander zal zijn. De verkeersdeelnemers kunnen hiervan profiteren door een spelletje blufpoker te spelen (denk aan het hard naderen van een kruispunt), waarbij de ander wordt overgehaald zich te onderwerpen aan zijn wil. Dit neemt echter niet weg dat het onmogelijk blijft om te kunnen zien wat er in het hoofd van de ander omgaat.

Een derde factor die van invloed kan zijn op de uitkomsten van de bovengenoemde spelen, is de bereidheid tot samenwerking. Deze bereidheid

wordt volgens Oye (1985) op haar beurt bepaald door: 1) de waarde die de betrokken deelnemers hechten aan de uitkomst van het spel, 2) het aantal malen dat het spel wordt gespeeld, en 3) het aantal betrokken verkeersdeelnemers. De eerstgenoemde factor wordt in het verkeer waarschijnlijk in belangrijke mate bepaald door de gewenste snelheid, rijstijl, behoefte aan controle en de gemoedstoestand (ontspannen, gehaast, geïrriteerd, vermoeid, enzovoort) van de betrokken verkeersdeelnemers. Het aantal malen dat het spel wordt gespeeld kan de bereidheid tot samenwerking beïnvloeden via het 'voor wat, hoort wat'-principe; als ik twee keer voor tegenliggers opzij ben gegaan, dan doe ik dat de derde keer niet weer. Het aantal betrokken verkeersdeelnemers is vooral van invloed op de complexiteit van de afwegingen die de beide spelers moeten maken.

Voor het vervolg is het vooral van belang te weten hoe de indirecte communicatie tussen verkeersdeelnemers verloopt. Hoe anticiperen ze op elkaars gedrag en welke factoren spelen daarbij een rol? Om de communicatie tussen verkeersdeelnemers in voertuigen met ITS en verkeersdeelnemers in voertuigen zonder ITS vlekkeloos te laten verlopen, is het van belang dat telematicasystemen rekening houden met deze factoren, zodat ze tot eenzelfde beslissing komen als mensen, of in ieder geval een zelfde tactiek hanteren. Een veiliger beslissing mag natuurlijk altijd, zolang die maar op een logische wijze tot stand komt. Dit voorkomt – in de ogen van de verkeersdeelnemer zónder ITS - buitenaards gedrag van de medeweggebruiker mét ITS.

### 3. De mens

Op basis van de theorieën die in het vorige hoofdstuk zijn besproken, en aan de hand van een SWOT-analyse, worden in dit hoofdstuk de sterke en zwakke punten van de mens beschreven (§ 3.1). Vervolgens wordt vanuit deze sterke en zwakke punten van de mens de objectieve vraag naar ondersteuning geformuleerd (§ 3.2). In hoeverre telematicasystemen in deze behoefte kunnen voorzien, wordt besproken in het volgende hoofdstuk.

#### 3.1. Sterke en zwakke punten van de (oudere) automobilist

De sterke en zwakke punten van de mens en van de machine kunnen op verschillende manieren worden geëvalueerd. Een eerste benadering die binnen dit project is gehanteerd is de SWOT-analyse (Strengths Weaknesses Opportunities Threats). Deze analysetechniek is afkomstig uit de economie, al is de exacte oorsprong niet bekend. Bij een SWOT-analyse wordt een project, vraagstuk of organisatie en zijn/haar omgeving geanalyseerd om de sterke en zwakke punten te onderscheiden en de kansen en bedreigingen te identificeren. De techniek is vooral geschikt voor een eerste classificatie van de relevante kwesties omtrent het onderwerp van studie (Haberberg, 2000).

De tweede benadering gaat uit van het theoretisch kader dat in *Hoofdstuk 2* is omschreven. Deze laatste aanpak is modelgestuurd en kan derhalve worden beschouwd als een meer systematische inventarisatie van de sterke en zwakke punten van de mens. De nadruk zal daarbij liggen op de zwakke punten van de mens, aangezien deze de aanknopingspunten zijn voor ondersteuning door middel van (bijvoorbeeld) ITS.

##### 3.1.1. Volgens de SWOT-analyse

In de SWOT-analyse die ten behoeve van deze studie is uitgevoerd, heeft een multidisciplinair team van onderzoekers tijdens een tweetal expertsessies de sterke en zwakke kanten van mens en machine geanalyseerd, en de kansen en bedreigingen van de ondersteuning van de mens door machines geëvalueerd (Schatz, 2000). In deze paragraaf wordt uitsluitend ingegaan op de resultaten van de SWOT-analyse die betrekking hebben op de sterke en zwakke kanten van de mens. De overige resultaten van de SWOT-analyse komen in *Hoofdstuk 4* aan bod: de sterke en zwakke kanten van de machine, en de kansen en bedreigingen van ondersteuning door machines.

Ten aanzien van de sterke en zwakke kanten van de mens kwam uit de SWOT-analyse naar voren dat de mens goed is in het dynamisch onderscheiden van hoofd- en bijzaken en in het herkennen van patronen. Ook anticiperen op het gedrag van andere mensen gaat erg goed, evenals het improviseren als er onvoldoende informatie beschikbaar is. Minder sterke kanten van de mens zijn de traagheid van zijn reacties, de wisselende mate van alertheid, de wisselende kwaliteit van waarnemen en handelen, en een beperkte capaciteit voor het verwerken van informatie (Schatz, 2000).

Bij deze SWOT-analyse werd uitgegaan van de mens in het algemeen. Wanneer we kijken naar de *ouder wordende mens*, dan kan over het

algemeen worden gesteld dat daar waar mensen slecht in zijn, ze met het ouder worden nog slechter in worden. Voor het identificeren van bestuurderstaken waarvoor ondersteuning gewenst is, kan de oudere automobilist derhalve als uitgangspunt worden genomen. Met deze groep hebben we de 'ruimste dekking', en de geboden ondersteuning heeft positieve effecten voor alle verkeersdeelnemers. Deze constatering kan de indruk wekken dat de oudere verkeersdeelnemer uitsluitend eigenschappen bezit die hem tot een zwakkere verkeersdeelnemer maken. Dat is zeker niet de bedoeling, en dat is ook niet de waarheid. Sterke eigenschappen van oudere verkeersdeelnemers - die hen deels ook in staat stellen om te compenseren voor hun zwakke punten - komen later in dit hoofdstuk aan bod.

### 3.1.2. *Volgens het theoretische kader*

De sterke en zwakke punten van de mens die in de vorige paragraaf de revue zijn gepasseerd, zijn niet benoemd vanuit een theoretisch model. Door het oriënterende karakter van de SWOT-analyse was besloten meer intuïtief te werk te gaan (Schatz, 2000). In deze paragraaf wordt het theoretische kader uit *Hoofdstuk 2* gebruikt om de sterke en zwakke punten van de mens in een theoretisch perspectief te plaatsen. Per theorie biedt deze strategie de mogelijkheid om op een systematischer wijze na te gaan waar de sterke en zwakke punten van de (oudere) verkeersdeelnemer zitten, terwijl het gebruik van verschillende theorieën als voordeel heeft dat elke theorie gericht is op een ander facet van de rijtaak: Fullers model richt zich op de taakmoeilijkheid en de factoren die deze taakmoeilijkheid bepalen, de human-factorstheorie richt zich op detailniveau op de grenzen van het menselijke kunnen, de cognitieve theorie en de theorie van situation awareness op de cognitieve aspecten van de waarneming en het mentale beeld dat de verkeersdeelnemer van zijn omgeving maakt, en de speltheorie op de interactie tussen verkeersdeelnemers. De invalshoeken van de human-factorstheorie en de speltheorie krijgen hierbij de meeste aandacht. De eerste vanwege haar praktische relevantie voor de behoefte aan ondersteuning en de manier waarop deze ondersteuning moet worden aangeboden, en de tweede vanwege het feit dat de toepassing van deze theorie voor dit doel vrij ongebruikelijk is en daardoor extra uitleg vergt.

#### 3.1.2.1. Fullers task-capability-interface-model

In Fullers task-capability-interface-model zijn de sterke punten van de mens opgesloten in zijn competentie en momentane vermogens, en de manier waarop hij omgaat met eventuele discrepanties tussen momentane vermogens en de taakvereisten van de omgeving. Hoe groter de competenties en momentane vermogens, en hoe beter hij omgaat met discrepanties tussen momentane vermogens en de taakvereisten (door communicatie met medeweggebruikers, plaats op de weg en/of het aanpassen van de snelheid), des te beter heeft de weggebruiker zijn zwakke kanten onder controle. Deze zwakke kanten zijn het gevolg van de mentale en fysieke gesteldheid van het individu, en variabele menselijke factoren zoals vermoeidheid, emoties, alcohol en andere drugs, stress, afleiding en motivatie. De zwakke punten van de (oudere) mens die uit de SWOT-analyse naar voren kwamen, hebben voornamelijk betrekking op de mentale en fysieke gesteldheid van de mens.

Door middel van de rijopleiding en (belangrijker nog) de daaropvolgende rijervaring heeft de automobilist zich vaardigheden eigen kunnen maken die Fuller schaaft onder de kunst van het rijden: voertuigcontrole, de weg kunnen lezen, en anticiperend en defensief rijgedrag. Dit zijn de punten waar de mens sterk in is. Tegelijkertijd bieden deze vaardigheden de automobilist de mogelijkheid om te compenseren voor zijn zwakke punten, zoals anticiperen op het gedrag van anderen om zo meer tijd te hebben voor het uitvoeren van manoeuvres (traagheid van reactie), en snelheid minderen bij slecht zicht of gladde wegen. Daarbij wordt er wel van uitgegaan dat de mens de grenzen van zijn eigen kunnen aanvoelt (en die van zijn voertuig). Als dit niet het geval is, dan is er in de termen van het model van Fuller sprake van een onjuiste inschatting van de eigen momentane vermogens (en/of een onjuiste inschatting van de taakvereisten), met als uiteindelijk resultaat een verkeerde inschatting van de taakmoeilijkheid. Wanneer deze taakmoeilijkheid in werkelijkheid hoger is dan de automobilist heeft ingeschat, dan is de kans groot dat de automobilist de macht over het stuur verliest, met alle gevolgen van dien.

Kijkend naar de oudere automobilist, kunnen we bovenstaande sterke en zwakke punten aanvullen door daaraan toe te voegen dat de mentale en fysieke gesteldheid van de mens over het algemeen met het ouder worden achteruitgaat (zie § 3.1.2.2). Daar staat tegenover dat men bij het ingaan van de ouderdom veel rijervaring heeft. Deze rijervaring geeft ouderen de mogelijkheid te anticiperen op wat komen gaat, waardoor zij de achteruitgang van hun gesteldheid (deels) kunnen compenseren. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de rijervaring van de ouder wordende mens gedateerd kan raken, waardoor anticipatiegedrag mogelijk niet (meer) goed aansluit op de voorliggende verkeerssituatie. Om te voorkomen dat opgedane rijervaring onbruikbaar wordt voor anticipatiegedrag, is het van belang dat nieuwe (verkeers)situaties aansluiten op het verwachtingspatroon van automobilisten. Oudere volwassenen zijn daar extra bij gebaat, aangezien zij meer dan gemiddeld problemen hebben met het herroepen van eerder voorgenomen acties (Stelmach & Nahom, 1992). Dit laatste is bijvoorbeeld nodig wanneer men anticipeert op een verwachte situatie, die er bij nader inzien net iets anders uitziet en daardoor een geheel andere actie vraagt dan welke reeds was ingezet. Door bij het ontwerp van nieuwe verkeerssituaties (of gebruiksvoorwerpen zoals ITS-toepassingen) gebruik te maken van bestaande principes, voorkomt men bovendien dat verkeersdeelnemers zich nieuwe dingen eigen moeten maken; iets waar oudere volwassenen over het algemeen meer moeite mee hebben (Howard & Howard, 1997).

Een ander punt waarop de ouder wordende mens verschilt van de gemiddelde, wat jongere mens, is dat hij zich beter kan wapenen tegen de menselijke factoren die van invloed zijn op de momentane vermogens. Een eerste reden hiervoor is dat ouderen over het algemeen een lagere sensatiebehoefte hebben (Zuckerman, 1994), waardoor zij minder geneigd zijn zichzelf in riskante (verkeers)situaties te manoeuvreren. Hiermee in overeenstemming is dat ouderen gemiddeld minder vaak onder invloed van alcohol rijden dan jongere volwassenen, en ook in het algemeen meer volgens de verkeersregels handelen (Hakamies-Blomqvist, 1994a; Davidse, 2000). Daarnaast kunnen de problemen met het verdelen van de aandacht van ouderen (zie § 3.1.2.2) in hun voordeel werken in die zin dat ze minder dan jongeren geneigd zijn om tijdens het autorijden andere activiteiten te verrichten die niets met de besturing als zodanig te maken hebben, zoals

piekeren over werk- en relatieproblemen, luisteren naar (en bedienen van) radio of cd-speler en het voeren van (telefoon)gesprekken (Brouwer, Rothengatter & Van Wolffelaar, 1992; Brouwer & Davidse, 2002). Bij de ouder wordende mens is een verlaging van de momentane vermogens waarschijnlijk dus eerder het gevolg van de mentale en fysieke gesteldheid, die met het ouder worden bovendien meer aan fluctuaties onderhevig is. Hierbij past ook de grotere gevoeligheid voor vermoeidheid die ouderen hebben: een gevolg van de fysieke en mentale gesteldheid die door Fuller bij de menselijke factoren is geplaatst.

### 3.1.2.2. Human factors en cognitieve ergonomie

In de human-factorsliteratuur worden de sterke en zwakke punten van de mens voornamelijk besproken in termen van de hoeveelheid informatie die hij aankan. De mentale en fysieke kenmerken van de mens (vergelijkbaar met de 'constitutional features' uit het model van Fuller) worden daarbij op detailniveau bestudeerd. Motivationale factoren, zoals behoefte aan spanning en sensatie komen daarentegen nauwelijks aan bod. Een voorbeeld van de manier waarop het menselijk gedrag binnen de human-factorsbenadering wordt bestudeerd, volgt uit de beschrijving van Hick (1952) van de traagheid van menselijke reacties: "Generally speaking, a human controller is a fairly slow operator with a considerable time delay between decisions and actions. For simple binary choices this delay is about 200 milliseconds but for more complicated choices this delay may be much greater." (op basis van Heijer & Wiersma, 2001).

De cognitieve ergonomie behandelt - op een vergelijkbare wijze - de meer cognitief georiënteerde kenmerken van de mens, zoals de selectieve aandacht en het kortetermijngeheugen. Een bekend voorbeeld is de bevinding dat het maximaal aantal items dat in het menselijke kortetermijngeheugen kan worden opgeslagen gelijk is aan  $7 \pm 2$ , dus tussen de 5 en 9 items (Miller, 1956; Sanders & McCormick, 1987: p. 62).

De meest voor de hand liggende manier om de sterke en zwakke punten van de mens vanuit het oogpunt van de HF en cognitieve ergonomie te beschrijven, is aan de hand van het informatieverwerkingsproces. In *Tabel 3.1* is voor elk van de componenten van het informatiewerkingsproces aangegeven wat de beperkingen van de mens zijn. De nadruk ligt daarbij op de *zwakke* punten van de mens, maar dat is inherent aan de werkwijze van de HF-benadering: het ontwerp van machines moet worden afgestemd op de menselijke vermogens, en wordt derhalve begrensd door wat de mens *niet* kan.

Componenten van het informatieverwerkingsproces	Beperkingen van de mens
Sensorische verwerking (o.a. gezichtsvermogen, gehoor)	Beperkte gevoeligheid die van mens tot mens verschilt
Aandacht	<p>Beperkte capaciteit om verschillende informatiestromen tegelijkertijd in de gaten te houden. Deze neemt verder af naarmate men onder grotere druk komt te staan (selectieve aandacht)</p> <p>Moeite om de aandacht vast te houden als er bronnen van afleiding zijn (gerichte aandacht)</p> <p>Wanneer twee of meer taken tegelijkertijd moeten worden uitgevoerd, neemt de prestatie op ten minste een van de taken af (verdeelde aandacht). Dit effect is sterker naarmate de taken meer op elkaar lijken (bijvoorbeeld in termen van de aangeboden informatie).</p>
Geheugen	<p>Kortetermijngeheugen kan maximaal <math>7 \pm 2</math> eenheden tegelijk bevatten.</p> <p>Moeite met het ophalen van informatie uit het lange termijn geheugen</p>
Besluitvorming*	<p>Niet alle beschikbare informatie wordt verzameld</p> <p>Niet alle mogelijke oplossingen worden in overweging genomen</p> <p>Besluitvorming wordt gekleurd door irrationele voorkeuren (informatie die als eerste binnenkomt krijgt extra gewicht en informatie die de gekozen oplossing weerlegt wordt vermeden)</p>
* Hoewel hier sprake is van grenzen, maken deze grenzen de mens juist ook zo goed als hij is (zie § 3.1.2.4).	

Tabel 3.1. *Overzicht van de grenzen van de menselijke informatieverwerking (op basis van Sanders & McCormick [1987] en Wickens & Hollands [2000]).*

Naarmate de mens ouder wordt, nemen de informatieverwerkingscapaciteiten over het algemeen verder af. De individuele verschillen zijn hierbij echter groot, zowel ten aanzien van het moment waarop deze achteruitgang wordt ingezet, als het tempo waarin de vermogens achteruitgaan. In verschillende verkeersgerelateerde studies wordt een overzicht gegeven van de specifieke onderdelen van de waarneming, cognitieve vaardigheden en fysieke vermogens die bij het ouder worden achteruitgaan, al dan niet met een indicatie van de mate waarin deze verslechtering optreedt (Shaheen & Niemeier, 2001; Holland, 2001; Davidse, 2000; Maycock, 1997; Sivak et al., 1995). Hieronder volgt een korte uiteenzetting van de wijze waarop de bovengenoemde vermogens bij het ouder worden verslechteren, en hun relevantie voor de rijtaak. Daarbij moet wel worden bedacht dat de (chronologische) leeftijd waarop de afname van bepaalde vermogens intreedt per individu verschilt, en dat een dergelijke



degeneratie ook niet een proces is dat bij ieder mens in hetzelfde tempo verloopt. Daarnaast hoeft de afname van bepaalde vermogens niet direct van invloed te zijn op de veiligheid van de verkeersdeelname van een individu. Veel van de hieronder genoemde functiestoornissen kunnen namelijk worden gecompenseerd; hetzij door het gebruik van hulpmiddelen, hetzij door andere functies in te schakelen (bijvoorbeeld meer hoofdbewegingen maken ter compensatie van een beperkt gezichtsveld), hetzij door het autorijden te beperken tot bepaalde delen van de dag waardoor men niet tijdens drukte of in het donker hoeft te rijden (zie § 3.1.2.3).

De *visuele waarneming* verslechtert met het ouder worden in termen van de gezichtsscherpte, perifere gezichtsvelddefecten, het gezichtsvermogen in het donker, contrastgevoeligheid, de waarneming van beweging, en het zien (en onderscheiden) van kleuren (zie voor een gedetailleerde beschrijving Shinar & Schieber, 1991; Klein, 1991; Sivak et al., 1995; Holland, 2001). De afname van de *gezichtsscherpte* versnelt vanaf het vijftigste levensjaar. Een goede gezichtsscherpte is niet alleen van belang voor het waarnemen van borden en verkeerstekens, maar ook voor het waarnemen op grote afstand, zoals bij het rijden op wegen buiten de bebouwde kom (Aizenberg & McKenzie, 1997; Groot, 1999).

Het *gezichtsveld* bepaalt in welke mate objecten of gebeurtenissen die zich buiten het fixatiepunt bevinden of afspelen, zichtbaar zijn. Een goed bewustzijn van wat er in de periferie gebeurt is een van de belangrijkste voorwaarden voor veilig rijden (Groot, 1999). De periferie van het gezichtsveld kan in drie gebieden worden onderverdeeld: verre periferie (58-90 graden), midden-periferie (37-58 graden) en het pericentrale gebied (21-37 graden) (Lovie-Kitchin et al., 1990; geciteerd in Coeckelbergh, 2002). Het ver-perifere gezichtsvermogen (visus) is van belang om auto's in naastgelegen rijstroken te kunnen zien wanneer er van rijstrook veranderd wordt. De midden-perifere visus is van belang om te kunnen zien of er een voetganger aanstalten maakt om over te steken of om te kunnen zien of er een andere auto het kruispunt nadert. Ook bij koers houden wordt vertrouwd op de midden-perifere visus (Low vision committee of the American Academy of Ophthalmology, 1994; geciteerd in Groot, 1999). Stoornissen in de periferie van het gezichtsveld komen vooral voor bij patiënten met glaucoom (verhoogde oogdruk) en diabetes (Quillen, 1999). Dit heeft te maken met de netvliesbeschadigingen die het gevolg kunnen zijn van respectievelijk de verhoogde oogdruk en verzwakking van de bloedvaten die zich in het netvlies bevinden. Zowel glaucoom als diabetes komt vaker voor bij ouderen.

Functiestoornissen die het gezichtsvermogen tijdens rijden in het donker kunnen beïnvloeden, zijn afname van de gezichtsscherpte in het donker en gevoeligheid voor verblinding. De afname van de *gezichtsscherpte in het donker* ontstaat doordat met het ouder worden de oogpupil kleiner wordt, en de lens minder transparant en gelig wordt, waardoor de retina (het netvlies) minder licht ontvangt (Olson, 1993). Om toch goed te kunnen zien is er meer licht nodig; iets wat logischerwijs in mindere mate aanwezig is wanneer het schemerig of donker is. *Gevoeligheid voor verblinding* wordt veroorzaakt door verstrooiing van het licht dat het oog binnenkomt. Deze verstrooiing van het licht wordt erger naarmate men ouder wordt, onder meer door ooglens-troebling (cataract). Dit heeft tot gevolg dat het gezichtsvermogen van ouderen meer wordt verstoord dan dat van jongeren, op het moment dat zij worden geconfronteerd met een felle lichtbundel zoals bijvoorbeeld van koplampen. Ouderen hebben ook meer tijd nodig om, bij een blijvende

aanwezigheid van de lichtbundel, te herstellen van de nadelige effecten die deze lichtbundel op hun gezichtsvermogen heeft (Olson, 1993).

Ten aanzien van de *contrastgevoeligheid* hebben ouderen meer moeite om weinig contrastrijke objecten en fijne patronen te onderscheiden. Dit wordt erger bij geringe verlichting. Contrastgevoeligheid is - meer nog dan gewone gezichtsscherpte - van belang voor het waarnemen van (de informatie op) verkeersborden. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat contrastgevoeligheid een rol speelt bij de waarneming van afstand en snelheid van bewegende objecten (Shinar & Schieber, 1991; Holland, 2001).

Voor zover leeftijdsgerelateerde veranderingen in het *zien van kleuren* relevant zijn voor de rijtaak, hebben zij ook te maken met contrasten.

Ouderen hebben namelijk vooral moeite met het onderscheid tussen de kleuren blauw, blauwgroen en violet. Voor het waarnemen van verkeersborden en verkeerslichten is het onderscheid tussen deze kleuren niet relevant. Voor het ontwerp van systemen in het voertuig kan het wel van belang zijn rekening te houden met het gegeven dat ouderen meer moeite hebben om onderscheid te maken tussen vergelijkbare kleuren (Holland, 2001).

Het *vermogen om beweging waar te nemen* neemt af als gevolg van neurale processen die worden beïnvloedt door het verouderingsproces, en door een minder geleidelijke beweging van de oogbol, die eveneens het gevolg is van het ouder worden. Het mag duidelijk zijn dat het vermogen om beweging waar te nemen van groot belang is voor een veilige verkeersdeelname; niet alleen om te kunnen zien of en hoe snel er kruisend verkeer nadert, maar ook om te kunnen zien of voertuigen die op dezelfde rijbaan rijden afremmen, versnellen of achteruitrijden (Shinar & Schieber, 1991; Holland 2001).

Het *gehoor* is voor autorijden wellicht niet zo essentieel als het gezichtsvermogen. Maar voor voetgangers en fietsers levert het gehoor veel aanvullende informatie. Daarnaast is het gehoor uiteraard ook relevant voor auditieve informatie die via telematicatoepassingen wordt verstrekt. De achteruitgang van het gehoor die gepaard kan gaan met het ouder worden is het gevolg van een combinatie van het verlies aan gevoeligheid van het binnenoor en veranderingen in de hersenfuncties. Ouderen zijn met name minder goed in staat om de hogere frequenties te horen, die informatie geven over de richting van het geluid. Dit heeft als gevolg dat de ruimtelijke gevoeligheid voor geluid verslechtert. Tegelijkertijd is het voor ouderen moeilijker om ongewenste geluiden te negeren (Arnold & Lang, 1995; Maycock, 1997).

De besproken sensorische functiestoornissen zijn van invloed op de input die een verkeersdeelnemer krijgt vanuit het verkeer. Om de juiste (relevante) informatie op te nemen, deze goed te interpreteren en een bijpassende gedraging te selecteren, zijn perceptuele en cognitieve processen nodig. Een aantal perceptuele en cognitieve functies gaat met het ouder worden achteruit, waaronder de oplettendheid, de verdeelde en selectieve aandacht, het kortetermijngeheugen, de snelheid van informatieverwerking, en de bewuste uitvoering van taken (in tegenstelling tot automatische processen). Maycock (1997) geeft een korte opsomming van onderzoek dat de achteruitgang van deze cognitieve functies heeft aangetoond. Zo hebben studies aangetoond dat het vermogen om de aandacht langdurig vast te houden, de vigilantie, afneemt met het ouder worden (Quilter, Giambra & Benson, 1983), evenals het vermogen om relevante van irrelevante informatie te onderscheiden (selectieve aandacht), en om de aandacht tussen

verschillende taken te verdelen (Ranney & Pulling, 1990; Brouwer et al., 1991; Hakamies-Blomqvist, 1994b). Het ligt voor de hand dat een afname van deze vermogens in een complexe verkeersomgeving met veel visuele informatie problemen kan opleveren. Aanverwante vermogens waarvan eveneens is aangetoond dat ze achteruitgaan met het ouder worden, zijn het eerdergenoemde vermogen om informatie te verwerken, het probleemoplossend vermogen, en het vermogen om ruimtelijke aanwijzingen te begrijpen en op basis daarvan beslissingen te nemen (Maycock, 1997).

De snelheid van informatieverwerking is vaak cruciaal voor het nemen van veilige beslissingen in het verkeer. Essentieel voor dit aspect van de rijtaak is de tijd die een bestuurder nodig heeft om op een omgevingsstimulus te reageren, vaak de perceptie-reactietijd genoemd. In onderzoek wordt vaak gevonden dat reactietijden voor eenvoudige stimuli niet toenemen met het ouder worden (Olson & Sivak, 1986). De toegenomen reactietijd van oudere bestuurders is eerder het gevolg van beslissingen die in complexe situaties genomen moeten worden (Quimby & Watts, 1981). Voor het traceren van de cognitieve subprocessen die verantwoordelijk zijn voor de toename van de reactietijd bij ouderen, hebben Stelmach & Nahom (1992) het traject tussen de presentatie van een stimulus en het initiëren van een respons (met andere woorden: de reactietijd) opgedeeld in vier fasen: de responsvoorbereiding, de responsselectie, de responsprogrammering, en de responscomplexiteit. Met betrekking tot de responsvoorbereiding blijkt dat ouderen meer tijd nodig hebben om op basis van de aanwezige stimuli te bepalen welke actie/respons zij moeten ondernemen/uitvoeren. In de verkeersomgeving kan hier bijvoorbeeld op worden geanticipeerd door verkeersborden verder uit elkaar te zetten, zodat de bestuurder genoeg tijd heeft om de informatie te bekijken en actie te ondernemen (Winter, 1985). De keuze van de uit te voeren actie (responsselectie) leidt bij ouderen tot een verdere vertraging van de reactietijd wanneer de keuzemogelijkheden toenemen. Ook voor jongere bestuurders neemt de reactietijd toe bij het toenemen van de keuzemogelijkheden, maar bij ouderen is deze toename groter. Stelmach & Nahom (1992) vermoeden dat in deze fase de leeftijds-effecten het grootst zijn.

Wanneer eenmaal voor een actie gekozen is, is het vervolgens voor ouderen lastiger om van deze keuze af te wijken (responsprogrammering). Stelmach & Nahom (1992) verwachten dat dit bij een vertaling naar de verkeersomgeving betekent dat oudere bestuurders meer moeite zullen hebben met situaties waarin voorgenomen acties ineens herroepen moeten worden. De uitvoering van de respons - in termen van een motorische reactie - leidt tot een verdere vertraging van de reactietijd naarmate het een complexere respons betreft (responscomplexiteit). Dit is niet zozeer het gevolg van de uitvoering van de complexe taak, als wel van de initiatie van de taak. Dit effect neemt af naarmate men meer ervaring met de taak heeft.

De afgenomen fysieke vermogens hebben vooral betrekking op *flexibiliteit van nek en romp*, en *manuele handigheid*. De afname van de flexibiliteit is niet voor alle lichaamsdelen gelijk, en is onder meer het gevolg van ziekten als artritis; een ziekte die bij circa de helft van de 75-plussers in bepaalde mate voorkomt. Uit onderzoek van Kuhlman (1993; geciteerd in Sivak et al., 1995) is gebleken dat ouderen circa 12% minder cervicale (hals/nek-) rotatie, 32% minder nekstrekking, 22% minder laterale flexie, en 25% minder rotatie hebben dan een jongere controlegroep. De afname in het bereik van de nekrotatie kan met name zorgwekkend zijn in relatie tot de leeftijds-

gebonden afname van de perifere visus. Een goede nekrotatie kan namelijk als compensatie dienen voor een beperkte perifere visus. Daarnaast kunnen beperkingen in de flexibiliteit van de nek, samen met een afgenomen frequentie van hoofdbewegingen, een rol spelen bij het controleren van de aanwezigheid van naderend verkeer bij het oversteken en links afslaan op kruisingen, en bij het invoegen bij doorgaand verkeer (Sivak et al., 1995). De afname van de manuele handigheid is van invloed op de bediening van apparatuur die voor het programmeren gecoördineerde vingerbewegingen vereist, zoals telematicasystemen (Eby, 1999).

### 3.1.2.3. Cognitieve psychologie

In de vorige paragraaf is reeds aangegeven dat een aantal cognitieve processen bij de verwerking van sensorische informatie met het ouder worden achteruitgaan. In termen van de cognitief-psychologische modellen die in *Hoofdstuk 2* zijn besproken - het SRK-model van Rasmussen en het hiërarchisch taakmodel van Michon - is het lastiger aan te geven wat de zwakke punten van de mens zijn. Bij beide modellen zou je eerder kunnen zeggen dat 'iets' in de mens maakt dat hij goed is in het beperken van de taakbelasting van een taak, en daarmee in het verkleinen van de kans op fouten. Dit wil overigens niet zeggen dat het altijd om een bewuste beperking van de taakbelasting gaat.

In termen van het *SRK-model van Rasmussen* houdt de mens de taakbelasting 'in de hand' door de mentale inspanning die nodig is om de taak uit te voeren, tot een minimum te beperken. De mens wordt hiertoe in staat gesteld doordat hij onderdelen van een vaak uitgevoerde taak kan omzetten in automatismen, waardoor ze vrijwel onbewust kunnen worden uitgevoerd. De mate waarin de mens bekend is met de uit te voeren taak bepaalt in hoeverre de taak inspanning vergt. Een zeer bekende reeks handelingen zal op het skill-based niveau worden uitgevoerd en vergt vrijwel geen mentale inspanning. Als de taak bekend is maar niet zo vaak wordt uitgevoerd, dan moet de mens als het ware even nadenken over hoe het ook alweer ging; hij weet hoe het moet, maar moet alleen even de regels erbij halen (rule-based niveau). In het geval dat de taak voor het eerst of in een nieuwe omgeving wordt uitgevoerd, is er sprake van een volledig bewuste uitvoering van de taak: de uitvoerder moet in dit geval nadenken over hoe hij de taak moet uitvoeren en bedenken welke regels bij deze situatie passen.

Wanneer dan toch gesproken moet worden van de zwakke punten van de mens, dan zou je kunnen zeggen dat de mens op het gedragsniveau waar de mentale inspanning het grootst is - het knowledge-based niveau -, minder voorspelbaar is (Hale, Stoop & Hommels, 1990). In een omgeving waarin de mens met andere mensen moet interacteren, kan dit onvoorspelbare gedrag tot ongevallen leiden. Ervan uitgaande dat deze redenering juist is, moet worden voorkomen dat mensen tijdens het rijden knowledge-based gedrag moeten uitvoeren. Dit betekent dat weggebruikers zoveel mogelijk gebruik moeten kunnen blijven maken van hun routines. Daarvoor zal het ontwerp van wegsituaties zoveel mogelijk moeten aansluiten op de verwachting die weggebruikers op grond van hun ervaring hebben (zie ook Brouwer & Davidse, 2002).

Dit neemt niet weg dat ook het gedrag op het skill-based en rule-based niveau tot fouten kan leiden. Deze foutentypen zijn echter anders van aard,

komen minder vaak voor, en zijn bovendien gemakkelijker te voorkomen door de juiste ondersteuning/omgeving te creëren. De karakteristieken van de fouten die op de verschillende gedragsniveaus kunnen optreden, maken duidelijk in welke situaties fouten kunnen optreden, en daarmee ook hoe fouten voorkomen kunnen worden.

Fouten op het skill-based niveau worden gekarakteriseerd door het met de juiste intentie uitvoeren van een verkeerde actie. Men weet wel wat er moet gebeuren, maar voert deze actie verkeerd uit. Dergelijke fouten worden 'slips and lapses' genoemd. 'Slips and lapses' kunnen onder meer worden veroorzaakt doordat men wordt afgeleid, of doordat een ongebruikelijke situatie op het eerste gezicht wordt aangezien voor een bekende situatie. Dit kan worden verklaard door een te sterke mate van gewoontevorming, waardoor automatismen ook worden aangewend als zij niet op hun plaats zijn, of waardoor veranderingen in de voorliggende situatie niet worden opgemerkt. 'Slips' zijn in principe observeerbaar via de foute actie, terwijl 'lapses' betrekking hebben op geheugenfouten die niet noodzakelijkerwijs tot uiting komen in gedrag (Reason, 1990).

Fouten op het rule-based en knowledge-based niveau vinden plaats tijdens probleemoplossende activiteiten, met als gevolg dat men met de verkeerde intentie een verkeerde actie onderneemt (ook al is deze actie in lijn met de verkeerde intentie). Dergelijke fouten worden 'mistakes' genoemd. Op het rule-based niveau kan een verkeerde intentie het gevolg zijn van een verkeerde diagnose. Deze verkeerde diagnose kan op haar beurt weer het gevolg zijn van de neiging om diagnoses die in het verleden succesvol waren, overdadig te gebruiken. De juistheid van dergelijke diagnoses wordt als eerste getest, ongeacht de vraag of de betreffende diagnose in de voorliggende situatie van toepassing is.

Op het knowledge-based niveau kan een verkeerde intentie optreden doordat men onvoldoende kennis heeft en/of door tijdsdruk. Situaties waarin hoge eisen worden gesteld aan de informatieverwerkingscapaciteit van een persoon, en waarin men tegelijkertijd onder grote tijdsdruk staat, kunnen tot een diversiteit aan fouten leiden. Karakteristiek gedrag in dergelijke situaties is het volledig opgaan in één aspect van het probleem, waardoor alle andere aspecten aan de aandacht onttrokken worden. Het tegenovergestelde komt ook voor: alle aspecten van het probleem worden vluchtig bekeken, zonder dat er ook maar iets wordt opgelost.

Volgens het *hiërarchisch taakmodel van Michon* kan de mens de taakbelasting binnen de perken houden door de tijdsdruk op het tactische en operationele niveau te verminderen. Op het operationele niveau is de tijdsdruk hoog, vooral als men moeite heeft de aandacht te verdelen en waarnemingen en handelingen na elkaar moet verrichten in plaats van tegelijk. Bij de beslissingen op het tactische niveau is de tijdsdruk al veel minder. In het algemeen kan men in zekere rust bepalen hoe hard men wil rijden en welke afstand tot een voorligger men comfortabel vindt. Toch hebben deze tactische beslissingen een grote invloed op de moeilijkheid van de rijtaak op het operationele niveau. Bij een lagere snelheid en een grotere volgafstand heeft men veel meer tijd om te reageren op een plotselinge onverwachte gebeurtenis. Nog minder tijdsdruk is er op het strategisch niveau en ook hier bepalen de gemaakte keuzen in sterke mate de moeilijkheid van de rijtaak op het operationele niveau. Kiest men de route met de verkeerslichten dan is het ook niet meer nodig om te letten op alle verkeersstromen tegelijk, zoals bij een ongeregelde kruising (Brouwer & Davidse, 2002).

Er zijn verschillende mogelijke oorzaken te bedenken waardoor met name ouderen goed in staat zouden zijn gebruik te maken van bovengenoemde compensatiemogelijkheden; een sterk punt dus. In de eerste plaats hebben ze vaak meer vrijheid in de keuze van reistijd en reisroute door het wegvallen van het werkgerelateerde verkeer. Uit diverse studies is gebleken dat ouderen vaker overdag en bij droge weersomstandigheden rijden (OECD, 1985; Hakamies-Blomqvist, 1994a). In de tweede plaats hebben oudere automobilisten gemiddeld veel rijervaring. Wellicht geeft het hierbij verkregen verkeersinzicht hen de mogelijkheid op tactisch niveau te anticiperen op mogelijke probleemsituaties. Twee andere redenen die ervoor kunnen zorgen dat ouderen goed in staat zijn om compensatiemogelijkheden te benutten zijn reeds genoemd bij de behandeling van het model van Fuller (§ 3.1.2.1): de bij het ouder worden verminderde behoefte aan spanning en sensatie, en de afgenomen neiging om taken uit te voeren die kunnen afleiden van de rijtaak zoals het bedienen van radio of cd-speler, het voeren van telefoongesprekken en het piekeren over werk of relatie (Brouwer & Davidse, 2002).

#### 3.1.2.4. Situationeel bewustzijn

De theoretische basis van het concept situationeel bewustzijn is grotendeels ontleend aan de hiervoor beschreven disciplines van de ergonomie en cognitieve psychologie (zie ook § 2.4). De zwakke punten van de mens op het vlak van waarneming en cognitieve vaardigheden zijn vanuit de SA-benadering gezien dan ook dezelfde als welke in de twee voorgaande paragrafen beschreven staan. Uitgaande van deze zwakten van de mens, wordt in deze paragraaf beschreven wat de gevolgen zijn voor het verkrijgen van een goed situationeel bewustzijn.

Voor het verkrijgen van niveau 1 SA is het van belang dat de relevante informatie optimaal kan worden waargenomen. Factoren die de optimale waarneming kunnen verstoren zijn slechte zichtomstandigheden (bijvoorbeeld mist), functiestoornissen op het terrein van de waarneming, en een onjuiste aandachtsverdeling, bijvoorbeeld door afleiding van de rijtaak of problemen met de selectieve en/of verdeelde aandacht. Jones & Endsley (1996; geciteerd in Endsley, 2000) hebben in een studie naar de oorzaken van fouten van piloten geconstateerd dat 76% van alle fouten kon worden teruggevoerd op problemen in de perceptie van de benodigde informatie. Daarmee lijkt de eerste fase van het verkrijgen van SA de zwakste schakel te zijn in het bereiken van een goed situationeel bewustzijn. Dit is duidelijk een van de zwakke punten van de mens.

Een sterk punt van de mens is zijn gebruik van mentale modellen. Deze modellen zijn het resultaat van opgebouwde ervaring. Iemand die ervaren is, heeft mentale modellen ontwikkeld van de systemen waarmee hij werkt en de omgeving waarin hij werkt. Aan deze modellen kunnen schema's gekoppeld zijn, die prototypische situaties beschrijven. Bij een match tussen de actuele situatie en een prototypische situatie, wordt de betekenis van de situatie direct duidelijk, wat behulpzaam is bij het verkrijgen van niveau 2 SA. De mentale modellen en de bijbehorende schema's helpen het ervaren individu ook op het eerste niveau van SA: de aandacht wordt gericht op de relevante aspecten van de situatie. Het nut van de mentale modellen is dat efficiënt gebruik wordt gemaakt van beschikbare mentale bronnen als aandacht en langetermijngeheugen. Op het eerste niveau van SA wordt de

beperkt beschikbare aandacht efficiënt gebruikt doordat ze wordt gestuurd, en op het tweede niveau van SA wordt informatie geïnterpreteerd zonder het langetermijngeheugen te belasten. De mentale modellen en de bijbehorende schema's zijn ook behulpzaam op het derde niveau van SA, bij het voorspellen van de toekomstige situatie (Endsley, 2000).

Een ervaren persoon kan zijn situationeel bewustzijn dus vaak efficiënter onderhouden dan iemand die minder ervaren is. Dit wil niet zeggen dat iemand die ervaren is op het bestudeerde terrein (bijvoorbeeld een ervaren automobilist) ook altijd over een beter situationeel bewustzijn beschikt ten aanzien van de verkeersomgeving waarin hij zich bevindt. Ervaring kan namelijk ook nadelige effecten hebben op het situationeel bewustzijn, via cognitieve processen die reeds besproken zijn in de passage over foutentypen volgens het SRK-model. Als een ervaren persoon voor de selectie en interpretatie van informatie namelijk te sterk vertrouwt op de, relatief automatische en mentaal weinig belastende, schema's en bijbehorende verwachtingen, dan kan dit leiden tot fouten in de interpretatie van een onverwachte gebeurtenis of tot het zelfs niet eens opmerken van (signalen die wijzen op) deze gebeurtenis (Wickens, 2001; Endsley, 2000). Deze fouten komen overeen met de in § 3.1.2.3 besproken fouten op skill-based niveau, de zogenoemde 'slips and lapses': door een te sterke gewoontevorming worden automatismen ook aangewend als zij niet op hun plaats zijn, of worden veranderingen in de voorliggende situatie niet opgemerkt. In de cognitieve psychologie zijn dergelijke nadelige effecten van ervaring (of automatismen) respectievelijk bekend onder de termen negatieve transfer en aandachtsvernauwing (zie bijvoorbeeld Wickens & Hollands, 2000). Andere fouten die kunnen voortvloeien uit het gebruik van mentale modellen, zijn fouten als gevolg van het gebruik van een verkeerd of slecht ontwikkeld mentaal model. Uit het eerdergenoemde onderzoek van Jones & Endsley (1996; geciteerd in Endsley, 2000) kwam naar voren dat 20% van de fouten van piloten te maken had met de interpretatie van de geselecteerde informatie. Ook fouten op het derde niveau van SA zijn gerelateerd aan de selectie van het juiste model, maar op dit niveau is er over het algemeen sprake van fouten die ontstaan doordat men in een ongebruikelijke situatie belandt, waarvan men nog geen mentaal model heeft kunnen opbouwen. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan het onder controle houden van een slippende auto op een gladde weg (Matthews, Bryant & Webb, 1999).

Op grond van het bovenstaande zijn ook de effecten van veroudering op het verkrijgen van situationeel bewustzijn af te leiden. Een soortgelijke actie is uitgevoerd door Bolstad & Hess (2000). Voor elk van de drie niveaus van situationeel bewustzijn zijn zij nagegaan wat de effecten van het ouder worden zijn, met als uitgangspunt drie leeftijdsgelateerde cognitieve veranderingen: algemene vertraging, minder efficiënt gebruik van het werkgeheugen (bijvoorbeeld bij het verdelen van de aandacht), en een slechtere selectieve aandacht (het negeren van informatie die irrelevant is voor de te verrichten taak). Daarnaast hebben zij zich gebogen over de vraag in hoeverre opgebouwde ervaring voor deze 'negatieve' effecten van veroudering kan compenseren. Hoewel Bolstad & Hess zich hebben gericht op de cognitieve aspecten van het verouderingsproces, wijzen zij erop dat ook de veranderingen in de sensorische functies van de ouder wordende mens van invloed zijn op het verkrijgen van situationeel bewustzijn. Deze veranderingen beïnvloeden immers de kwaliteit en kwantiteit van de

informatie die binnenkomt en zijn daarmee met name van invloed op het verkrijgen van niveau 1 SA.

Terugkomend op de cognitieve aspecten van het verouderingsproces, deze beïnvloeden eveneens de kwaliteit en kwantiteit van de informatie die een persoon tot zijn beschikking heeft, maar dan via de efficiëntie waarmee de omgeving gescand wordt en de mate waarin tegelijkertijd aandacht besteed kan worden aan verschillende informatiebronnen of verschillende taken. De efficiëntie waarmee de omgeving wordt gescand wordt onder meer bepaald door de selectieve aandacht. De invloed van een slechtere selectieve aandacht op het verkrijgen van *niveau 1 SA* wordt sterker naarmate er meer informatie in de omgeving aanwezig is, en naarmate de relevante informatie meer moet concurreren met andere omgevingsinformatie. De negatieve effecten van een slechtere selectieve aandacht kunnen worden gereduceerd door de omgeving te voorzien van signalen die de aandacht naar de juiste informatie sturen. Een andere vorm van sturing wordt geboden door de mentale modellen die op het terrein ervaren personen tot hun beschikking hebben. Zoals eerder besproken, zijn deze modellen ook behulpzaam in het richten van de beperkt beschikbare aandacht op de relevante aspecten van de situatie. Ouderen kunnen bij uitstek gebruikmaken van dit mentale hulpmiddel, aangezien zij over het algemeen meer ervaren zijn. Dit betekent echter tegelijkertijd dat in complexe situaties die nieuw zijn of afwijken van het gebruikelijke, de slechtere selectieve aandacht wel een rol kan gaan spelen bij het verkrijgen van niveau 1 SA.

De leeftijdsgerelateerde achteruitgang van de verdeelde aandacht maakt het voor ouderen lastiger om tegelijkertijd aandacht te besteden aan verschillende taken en aan informatie die via verschillende modaliteiten (visueel, auditief) binnenkomt. Naast een slechtere verdeelde en selectieve aandacht, kan ook de lagere snelheid waarmee cognitieve processen worden uitgevoerd een negatieve invloed hebben op het verkrijgen van niveau 1 SA. Dit is echter alleen het geval in complexe situaties waarin omgevingsignalen relatief snel veranderen in een tempo dat extern wordt bepaald. Zolang er sprake is van relatief stabiele omstandigheden, met een beperkt aantal te scannen gebieden en voldoende tijd om te reageren, zijn leeftijdseffecten als gevolg van de snelheid van cognitieve processen verwaarloosbaar.

Het verkrijgen van *niveau 2 SA*, het integreren van de geselecteerde informatie met bestaande kennis, is uiteraard sterk afhankelijk van de informatie die in het eerste stadium is geselecteerd en in het geheugen is opgeslagen. Als de selectie van informatie – al dan niet als gevolg van leeftijdgerelateerde functiestoornissen – niet optimaal is geweest, beschikt men niet over de juiste of over voldoende informatie voor het verkrijgen van een accuraat situationeel bewustzijn.

Daarnaast kan de leeftijdgerelateerde afname van de efficiëntie van het werkgeheugen het verwerken van de geselecteerde informatie belemmeren. De afgenomen informatieverwerkingscapaciteit kan namelijk grenzen stellen aan de informatie die tegelijkertijd kan worden behandeld. De hoeveelheid informatie die verwerkt kan worden kan verder worden beperkt wanneer de opgeslagen informatie op basis van herinnering uit het geheugen moet worden opgehaald. Leeftijdseffecten zijn namelijk groter wanneer informatie op basis van herinnering moet worden opgehaald, dan wanneer deze op basis van herkenning uit het geheugen kan worden opgehaald (Craik & McDowd, 1987; geciteerd in Bolstad & Hess, 2000).



De invloed van cognitieve verandering als gevolg van het verouderingsproces op het verkrijgen van *niveau 3 SA* is het grootst in die situaties waarin men geen gebruik kan maken van bestaande kennis en ervaring. Op basis van ervaring kan men – via mentale modellen - direct afleiden wat er op grond van de huidige situatie kan worden verwacht en welke acties vervolgens ondernomen moeten worden. Als de situatie onbekend is, moet gebruik worden gemaakt van bottom-up informatieverwerking (dat wil zeggen: gestuurd door de sensorische input). Daarbij wordt een veel groter beroep gedaan op cognitieve processen zoals selectieve aandacht en het werkgeheugen, waardoor leeftijdseffecten groter zullen zijn. Tot slot geldt ook voor het verkrijgen van *niveau 3 SA* dat de accuraatheid van voorspellingen van toekomstige situaties sterk afhankelijk is van de informatie die daarvoor kan worden gebruikt. Een slecht *niveau 1* of *niveau 2 SA* werkt dus beperkend op het verkrijgen van een goed *niveau 3 SA*.

### 3.1.2.5. Speltheorie

Het gebruik van de speltheorie als kader voor het beschrijven van de sterke en zwakke punten van de mens heeft een aantal voordelen, maar ook nadelen. Een voordeel is dat deze theorie de mogelijkheid biedt om ook te kijken naar de interactie tussen verkeersdeelnemers en niet alleen naar het gedrag van het individu. Een nadeel van de speltheorie is echter dat deze binnen de verkeersveiligheid nog weinig is gebruikt, en er derhalve nog weinig voorbeelden zijn van speltheoretische beschrijvingen van interacties tussen weggebruikers. Voor een beschrijving van de sterke en zwakke punten van de verkeersdeelnemer vanuit het oogpunt van de speltheorie kunnen we dus niet terugvallen op de literatuur.

De verkeerssituatie die in *Hoofdstuk 2* werd beschreven - de ontmoeting tussen elkaar naderende verkeersdeelnemers op een smalle weg - maakte de principes van de speltheorie goed duidelijk. Deze situatie is voor het beschrijven van de menselijke sterke en zwakke punten echter niet erg relevant wanneer we deze willen gebruiken voor het bepalen van de behoefte aan technische systemen die de verkeersveiligheid kunnen vergroten; deze ontmoetingen leiden namelijk niet zo vaak tot verkeersongevallen. Een verkeerssituatie die in dit opzicht vele malen interessanter is, is een kruising tussen twee wegen waarbij verkeersdeelnemers elkaar vanaf verschillende kanten kunnen ontmoeten en elkaar voorrang moeten verlenen (zie Davidse [2000] voor een beschrijving van de belangrijkste ongevalstypen waarbij oudere automobilisten betrokken zijn). Aan de hand van een door Heijer & Wiersma (2001) geschetste situatie zal worden getracht de interactie tussen verkeersdeelnemers op een kruispunt te vertalen naar de sterke en zwakke punten van de mens. Deze situatie ziet er als volgt uit:

“Een verkeersdeelnemer nadert een kruispunt. Alvorens hij dit kruispunt kan oversteken, moet hij nagaan wat de voorliggende situatie is: zijn er andere verkeersdeelnemers, hoe gedragen zij zich, wat is de dreiging die van hen uitgaat (o.a. ook door de massa en snelheid van het voertuig), en wat zijn de geldende verkeersregels. Op basis van deze informatie selecteert hij de mogelijke varianten van de volgorde waarin de verschillende voertuigen achtereenvolgens het kruispunt zullen bezetten (scenario), en het moment waarop hij zelf zal kunnen oversteken. Onzekerheid over de juiste interpretatie van de voorliggende situatie maakt het aantal mogelijke scenario's groter [dus: belang van goede waarneming en rijervaring]. Binnen deze set van mogelijke scenario's zullen bepaalde scenario's de voorkeur krijgen boven andere, bijvoorbeeld omdat de eerstgenoemde scenario's de verkeersdeelnemer in kwestie eerder laten oversteken. Deze preferentie is afhankelijk van de gewenste snelheid, rijstijl, behoefte aan controle en van de gemoeds-toestand (ontspannen, gehaast, geïrriteerd, vermoeid, etc.) van de verkeersdeelnemer. De

verkeersdeelnemer is echter niet de enige met voorkeuren: ook de medeweggebruikers hebben voorkeuren ten aanzien van de volgorde van afhandeling." (Heijer & Wiersma, 2001).

De uiteindelijke volgorde van afhandeling komt op een vergelijkbare manier tot stand als bij de spelsituaties die worden behandeld door de speltheorie. De betrokken verkeersdeelnemers kunnen het keuzeproces starten door het scenario uit te voeren dat voor hen de voorkeur heeft en vervolgens te kijken of de andere verkeersdeelnemers daarin meegaan. Afhankelijk van hun volgzaamheid zal het scenario verder worden uitgevoerd of moet er worden overgegaan op de uitvoering van een ander scenario. Uiteindelijk zullen de betrokken verkeersdeelnemers tot een gezamenlijk scenario moeten komen, en wel vóór het moment waarop men elkaar fysiek zal ontmoeten.

Heijer & Wiersma (2001) stellen dat het verkeer veel veiliger is dan men op grond van de kans op individuele menselijke fouten zou verwachten. Het gedrag van medeweggebruikers (uitwijken, afremmen of andere acties die kunnen compenseren voor de fouten van anderen) levert volgens hen een essentiële bijdrage aan het voorkomen van ongevallen. Deze bijdrage zou verloren kunnen gaan bij de inzet van ITS; dergelijke systemen zijn namelijk vaak uitsluitend gericht op het corrigeren van de fouten van de gebruiker. Doordat ITS-systemen geen rekening houden met de verwachtingen van de medeweggebruiker, kan er verwarring ontstaan bij de interactie tussen weggebruikers. Door wél rekening te houden met de interacties die plaatsvinden tussen verkeersdeelnemers, kunnen ITS-systemen worden ontwikkeld die deze interactie niet verstoren, maar ondersteunen. Uitgaande van de hiervoor geschetste situatie zal nu worden getracht te bepalen wat de zwakke punten zijn in de interactie tussen verkeersdeelnemers, opdat duidelijk wordt welke ondersteuning ITS-systemen zouden moeten bieden.

De kwaliteiten van de menselijke interactie in termen van indirecte communicatie (of anticiperend gedrag) lijken te worden beperkt door een tweetal factoren: de tijdsdruk waaronder gepresteerd moet worden, en de beschikbaarheid van informatie over de voorliggende situatie. De tijdsdruk waaraan de indirecte communicatie onderhevig is, is afhankelijk van de afstand en relatieve snelheid op het moment dat men elkaar voor het eerst opmerkt, en van de complexiteit van de situatie (zowel in termen van de fysieke vormgeving van de omgeving als het aantal betrokken [typen] verkeersdeelnemers en het daaraan gerelateerde aantal mogelijke scenario's). Een derde factor die tot tijdsdruk kan leiden, is een verkeerde interpretatie van de situatie, waardoor de verkeerde scenario's zijn geselecteerd. In zo'n geval zal de verkeersdeelnemer die dit overkomt de scenarioselectie immers opnieuw moeten uitvoeren (tenzij de medeweggebruikers van de gelegenheid gebruikmaken om het door hen geprefereerde scenario in gang te zetten).

Voor een goede interpretatie van de situatie - en dus een juiste selectie van de relevante scenario's - is het van belang dat de situatie aansluit op de verwachting die weggebruikers op grond van hun ervaring hebben (zie § 2.4 en § 3.1.2.3), en dat men toegang heeft tot alle relevante informatie. Als informatie (te lang) verborgen blijft door bijvoorbeeld mist of obstakels zoals bebouwing of struiken, zal er te weinig tijd overblijven om op tijd tot een gemeenschappelijk scenario te komen. In complexe situaties zal dit onherroepelijk tot een (bijna-)ongeval leiden.

De eerdergenoemde functiestoornissen die gepaard gaan met het ouder worden (zoals gezichtsvermogen, verdeelde aandacht en de benodigde tijd om beslissingen te nemen), maken dat ouderen hierbij in het bijzonder in het nadeel zijn. Daarnaast leiden de factoren 'complexiteit van de situatie' en een 'initiële foute inschatting van de situatie', die werden genoemd als factoren die bij de gemiddelde verkeersdeelnemer kunnen leiden tot een toename van de tijdsdruk, bij ouderen eveneens tot extra tijdsdruk. Een toename van de keuzemogelijkheden leidt bij ouderen namelijk tot een grotere vertraging van de reactietijd dan bij jongere bestuurders het geval is, en ouderen hebben ook meer moeite om eenmaal voorgenomen acties te herroepen (zie § 3.1.2.2).

Afgezien van de hierboven genoemde factoren die de (indirecte) communicatie tussen weggebruikers kunnen beïnvloeden, is er een aantal factoren te benoemen die wellicht ook van invloed zijn. Deze factoren hebben betrekking op de zichtbaarheid van voorrangsborden, verschillen in communicatietechnieken, problemen met het waarnemen van beweging, en de 'kwaliteit' van beslissingen die onder tijdsdruk moeten worden genomen. Hieronder wordt de mogelijke invloed van deze factoren kort toegelicht. Nader onderzoek zal echter moeten uitwijzen of ze daadwerkelijk een rol spelen.

De zichtbaarheid van voorrangsborden kan er - al dan niet in combinatie met het afgenomen vermogen van ouderen om relevante van irrelevante informatie te onderscheiden - toe leiden dat weggebruikers een verkeerde inschatting maken van de voorliggende situatie (wie heeft er voorrang), doordat zij een voorrangsbord niet hebben gezien. Dit heeft consequenties voor de selectie van relevante scenario's en de indirecte communicatie over het te kiezen scenario.

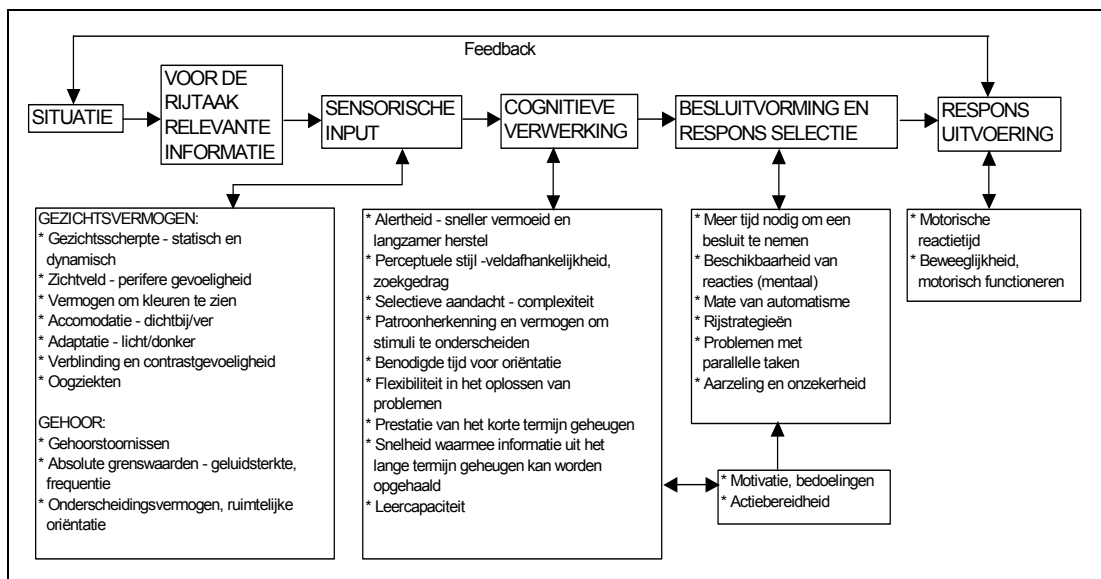
Ten aanzien van eventuele verschillen in communicatietechnieken is er de vraag of deze leeftijdsgerelateerd zijn. Houden ouderen andere spelregels aan dan jongere verkeersdeelnemers? Nemen zij bijvoorbeeld vaker het zekere voor het onzekere (eerder voorrang verlenen dan zelf nemen) of juist niet? Hierbij rijst ook de vraag in hoeverre de veelgenoemde ongevals-oorzaak van ongevallen met oudere automobilisten 'geen voorrang of doorgang verlenen' te maken heeft met hun spelstrategie of met problemen met selectieve en/of verdeelde aandacht. Een aanverwante gedachtegang is dat de communicatie over het te kiezen scenario kan worden verstoord doordat subtiele voorstellen van de medeweggebruiker (langzaam optrekken ten teken dat hij eerst wil) niet worden opgemerkt. Een oorzaak hiervan kan gelegen zijn in een verslechterde waarneming van beweging. Met het ouder worden nemen de dynamische gezichtsscherpte en het vermogen om beweging waar te nemen af, waardoor men meer tijd nodig heeft om beweging waar te nemen; er is meer beweging van het bewegende object nodig om de beweging te kunnen zien.

Een laatste hypothese heeft betrekking op de kwaliteit van beslissingen die onder tijdsdruk moeten worden genomen. Met het ouder worden heeft de mens over het algemeen meer tijd nodig om beslissingen te nemen. Zo beschrijven Van Wolffelaar, Rothengatter & Brouwer (1989) een studie waarin zij vonden dat gezonde oudere automobilisten met een gemiddelde leeftijd van 68,5 jaar zo'n 40% meer tijd nodig hebben dan 30-jarigen om te kunnen beslissen over het kunnen invoegen op een kruising. Als ouderen die tijd krijgen, c.q. zelf de tijdsdruk kunnen bepalen, zijn hun uiteindelijke beslissingen even goed als die van jongere automobilisten. Aangezien de scenariokeuze moet hebben plaatsgevonden voordat de verkeersdeel-

nemers elkaar fysiek ontmoeten, kunnen we de vraag stellen in hoeverre de tijdsdruk die hierbij kan optreden consequenties heeft voor de kwaliteit van de beslissingen van de (oudere) verkeersdeelnemer: is er een punt aan te wijzen waarop een nog grotere tijdsdruk tot slechtere beslissingen zal leiden (dat wil zeggen beslissingen die leiden tot verkeersgevaarlijke situaties)? Hendy, East & Farrell (2001) menen van wel. Het lijkt er in ieder geval op dat ouderen niet alle gebruikte tijd nodig hebben. Dit heeft te maken met de keuze tussen snelheid en accuratesse: een verkeersdeelnemer moet beslissen of hij snel reageert met mogelijk negatieve consequenties voor de nauwkeurigheid van de actie, of kiest voor een 'nauwkeurige' actie met het risico van een lagere snelheid. Verschillende studies hebben aangetoond dat ouderen op dit punt behoudender responsstrategieën hanteren dan jongeren, en dat deze behoudendheid kan worden vergroot door een verhoging van de taakvereisten (zie bijvoorbeeld Rabbitt [1979] en Salthouse & Somberg [1982]; geciteerd in Stelmach & Nahom [1992]). In 1992 stellen Stelmach & Nahom dat de (destijds) heersende opvatting is dat een deel van de vertraging die gepaard gaat met het ouder worden, is toe te schrijven aan het belang dat ouderen hechten aan accuratesse. Het definitieve bewijs voor deze verklaring voor de vertraagde reactietijd van ouderen zal moeten komen van studies die leeftijdsgroepen vergelijken op reactietijd in condities waarin de nadruk ligt op de snelheid van de reactie, die waarin de nadruk ligt op de accuratesse, en die waarin zowel snelheid en accuratesse vereist zijn (Stelmach & Nahom [1992] op basis van Cerella [1985] en Salthouse [1985]).

### 3.2. Behoeftte aan ondersteuning vanuit de mens, met name de oudere automobilist

Uitgaande van de zwakke punten van de (oudere) mens die in het eerste deel van dit hoofdstuk zijn besproken, kunnen we stellen dat deze een objectieve vraag creëren naar de ontwikkeling van ITS-toepassingen die op deze terreinen - de zwakke punten - ondersteuning bieden. In *Afbeelding 3.1* zijn de sterke en zwakke punten van de oudere verkeersdeelnemer samengevat.



Afbeelding 3.1. Schematische weergave van de relaties tussen de sensorische, cognitieve en motorische functiestoornissen van oudere automobilisten (naar Panek et al., 1977).

De objectieve vraag naar ondersteuning die door deze zwakke punten van de mens wordt gecreëerd, is duidelijker te formuleren als we nagaan welke verkeersproblemen als gevolg van deze zwakke punten kunnen ontstaan. Wanneer we deze verkeersproblemen ook nog kwantificeren door aan te geven hoe vaak deze problemen tot ongevallen leiden, hebben we bovendien een maat die gebruikt kan worden om de behoefte aan verschillende vormen van ondersteuning te rangordenen.

In *Tabel 3.2* is het resultaat van een dergelijke exercitie opgenomen. In horizontale richting toont de tabel achtereenvolgens 1) de zwakke punten van de (oudere) mens, 2) de problemen die zij als gevolg daarvan in het verkeer kunnen ondervinden en de mate waarin deze problemen een bijdrage leveren aan het totaal aantal verkeersongevallen, en 3) het type ondersteuning dat dergelijke verkeersproblemen kan voorkomen. Kennis over de zwakke punten van de mens is niet alleen van belang voor het identificeren van de behoefte aan ondersteuning, maar ook voor het uiteindelijke ontwerp van ondersteunende systemen: op welke wijze moet de ondersteuning worden aangeboden. De zwakke punten die in die zin aandacht verdienen bij het ontwerp van een telematicasysteem, hebben in de rechter kolom de toevoeging 'ONTWERPCRITERIA' gekregen. De ontwerpcriteria zelf komen aan bod in *Hoofdstuk 4* (§ 4.3).

In verticale richting is *Tabel 3.2* opgebouwd volgens de stadia van het informatieverwerkingsproces zoals weergegeven in *Afbeelding 3.1*, met daaraan toegevoegd het 'overkoepelende' concept van situation awareness, de interactie met medeweggebruikers, en de kennis over het eigen kunnen en de grenzen van het voertuig. De toevoeging van deze laatste punten geeft ons de mogelijkheid om het gehele verkeersproces te bespreken; een mogelijkheid die geboden wordt door de eerder besproken speltheorie en de theorie van Fuller.

De informatie die in de linker en middelste kolom van *Tabel 3.2* is opgenomen, is rechtstreeks overgenomen uit de beschrijvingen uit § 3.1.2 en behoeft derhalve geen nadere toelichting. Wel moet daarbij worden aangetekend dat afzonderlijke zwakke punten van de mens niet direct tot verkeersproblemen hoeven te leiden. Veel zwakke punten kunnen worden gecompenseerd. Een bekend voorbeeld is het compenseren van een beperkte perifere visus door het maken van meer hoofdbewegingen. Pas wanneer er sprake is van een combinatie van verschillende zwakke punten die ertoe leidt dat compensatie onmogelijk wordt, of in ieder geval niet mogelijk is binnen de beschikbare tijd, zullen daadwerkelijk verkeersproblemen ontstaan.

De verkeersveiligheidsrelevantie van de verkeersproblemen die in de middelste kolom zijn omschreven, is afgeleid uit Malaterre & Fontaine (1993). Zij hebben op basis van in-depth ongevalldata de relatie onderzocht tussen ongevalstypen en informatie- en ondersteuningsbehoefte. Hun bevindingen zijn samengevat in de *Bijlage*. In *Tabel 3.2* wordt via cijfers verwezen naar de informatiebehoefte uit de *Bijlage* die overeenkomt met het verkeersprobleem in kwestie. Dit cijfer wordt gevolgd door een indicatie van de verkeersveiligheidsrelevantie. Wanneer het percentage ongevallen dat gerelateerd is aan een bepaalde informatiebehoefte groter is dan 10%, dan

Zwakke punten van de mens	Verkeersproblemen en verkeersveiligheids-relevantie (frequentie van ongevallen)	Benodigde ondersteuning
<i>Sensorische input</i>		
Perifere visus	Over het hoofd zien van medeweggebruikers bij invoegen en rijstrookwisselingen (7: ++ OU)	Signalering van objecten die zich in de dode hoek bevinden
Nachtblindheid	Moeite om 's nachts voetgangers en andere objecten te zien, en om borden te lezen (x)	Kunstmatige verlichting van de aanwezige objecten (verkeersdeelnemers en verkeerselementen)
Gevoeligheid voor verblinding	Tijdelijk verlies van visuele input (x)	Verblinding voorkomen ONTWERPCRITERIA
Contrastgevoeligheid	Moeite met het waarnemen van informatie op verkeersborden en displays in het voertuig, en moeite met het beoordelen van de afstand en snelheid van medeweggebruikers (11: + OU)	ONTWERPCRITERIA (ook voor verkeersborden) Attenderen op naderend verkeer
Kleuren zien	Moeite met het onderscheiden van vergelijkbare kleuren; relevant bij het lezen van verkeersborden en displays in het voertuig (x)	ONTWERPCRITERIA
Beoordelen van beweging, snelheden en afstanden	Moeite om te beoordelen of medeweggebruikers in beweging zijn en hoe snel zij een kruispunt naderen (6: +++)	Attenderen op naderend verkeer
Gehoor	Moeite met de oriëntatie van de oorsprong van het geluid, en met het negeren van geluid (x)	ONTWERPCRITERIA
<i>Cognitieve verwerking en besluitvorming</i>		
Verdeelde aandacht	De prestatie op de rijtaak wordt slechter als tegelijkertijd andere taken moeten worden uitgevoerd; zie ook snelheid van informatieverwerking en besluitvorming (x)	ONTWERPCRITERIA
Selectieve aandacht	Over het hoofd zien van verkeersborden en verkeerslichten (3: ++)	Hulp bieden bij het richten van de aandacht op relevante informatie
Snelheid van informatieverwerking en besluitvorming	De reactietijd neemt sterk toe naarmate de verkeerssituatie complexer wordt (3: ++)	Voorkennis verstrekken over de voorliggende verkeerssituatie
Bewuste uitvoering van taken	Moeite met rijden in een onbekende omgeving (x)	Voorkennis verstrekken over de voorliggende verkeerssituatie
<i>Situation awareness</i>		
Perceptie van omgevingselementen	Moeite met omgaan met nieuwe, complexe situaties (x)	Hulp bieden bij het richten van de aandacht en voorkennis verstrekken over de voorliggende verkeerssituatie
<i>Fysieke vermogens</i>		
Flexibiliteit van nek en romp	Over het hoofd zien van medeweggebruikers bij invoegen en rijstrookwisselingen (7: ++ OU)	Signalering van objecten die zich in de dode hoek bevinden
Manuele handigheid en kracht	Moeite met het bedienen van instrumenten (x)	ONTWERPCRITERIA
<i>Interactie met medeweggebruikers</i>		
Prestatie onder tijdsdruk	Suboptimale beslissingen (3: ++)	Voorkennis verstrekken over de naderende verkeerssituatie
Zicht op het gedrag van medeweggebruikers	Moeite met het voorspellen van de intentie van de medeweggebruiker (14: +)	Attenderen op naderend verkeer en op het gedrag daarvan
<i>Motivationale factoren</i>		
Sensatiezucht	Overtreding van de snelheidslimiet Alcohol – en drugsgebruik (1: ++)	Systemen die autorijden onder deze omstandigheden onmogelijk maken
Afleiding	Ongevallen als gevolg van onoplettendheid door welke oorzaak dan ook (telefoneren, bedienen van de radio, gedachten, etc.) (x)	??
<i>Kennis over het eigen kunnen en de grenzen van het voertuig</i>	Macht over het stuur verliezen (17: 0)	Adviseren bij of overnemen van stuurbewegingen en remmen

Tabel 3.2. *Zwakke punten van de mens, gerelateerde verkeersproblemen en de benodigde ondersteuning met een prioritering op grond van verkeersveiligheidsoverwegingen (>10% = +++; 5-10% = ++; 2,5-5% = +; <2,5% = 0; x = geen info; OU = opgehoogd in verband met onderschatting ouderen). Zie tekst voor nadere uitleg.*

is de verkeersveiligheidsrelevantie in *Tabel 3.2* omschreven met drie plusjes (+++), ligt het percentage tussen de 5 en 10 procent dan met twee plusjes (++), ligt het tussen de 2,5 en 5% dan met één plusje (+), en is het percentage kleiner dan 2,5% van het totaal aantal ongevallen dan is de verkeersveiligheidsrelevantie weergegeven met (0). De verkeersproblemen die met behulp van de data van Malaterre & Fontaine niet zijn te scoren op hun verkeersveiligheidsrelevantie, zijn gemarkeerd met een kruisje (x).

De percentages van Malaterre & Fontaine (1993) hebben voor deze studie het nadeel dat zij betrekking hebben op het totaal aantal ongevallen, en daarmee op de 'gemiddelde' verkeersdeelnemer. Verschillende studies hebben aangetoond dat ouderen vaker dan gemiddeld betrokken zijn bij ongevallen bij links afslaan en invoegen (zie Hakamies-Blomqvist, 1993, 1994a; Aizenberg & McKenzie, 1997; Zhang et al., 1998; McGwin & Brown, 1999; Davidse, 2000). In die zin geven de percentages van Malaterre & Fontaine een onderschatting van de verkeersveiligheidsrelevantie voor ouderen; in de *Bijlage* is hier op gewezen via de 'code' OU. In *Tabel 3.2* hebben de hieraan gerelateerde verkeersproblemen een extra plusje gekregen, en eveneens de vermelding 'OU'.

Vanuit verkeersveiligheidsoogpunt kunnen we op basis van de informatie in *Tabel 3.2* concluderen dat de grootste behoefte aan ondersteuning van oudere automobilisten voortkomt uit de volgende verkeersproblemen (en de zwakke punten van de mens die daar debet aan zijn):

- a. moeite om te beoordelen of medeweggebruikers in beweging zijn en hoe snel zij een kruispunt naderen (waarnemen van beweging);
- b. over het hoofd zien van medeweggebruikers bij invoegen en rijstrookwisselingen (perifere visus en flexibiliteit van nek en romp);
- c. over het hoofd zien van verkeersborden en verkeerslichten (selectieve aandacht);
- d. sterke toename van de reactietijd naarmate de verkeerssituatie complexer wordt, met suboptimale beslissingen als gevolg (snelheid van informatieverwerking en besluitvorming, prestatie onder tijdsdruk).

Voor de 'gemiddelde' mens komen daar nog de problemen als gevolg van overtredingen van snelheidslimiet en alcohol- en drugsgebruik bij.

In de meest rechtse kolom van *Tabel 3.2* wordt de benodigde ondersteuning omschreven. Deze omschrijvingen zijn simpelweg afgeleid uit de verkeersproblemen en zijn bewust zeer abstract gehouden. Alleen het type ondersteuning wordt genoemd en niet de wijze waarop deze ondersteuning geboden zou kunnen worden of welke bestaande systemen deze ondersteuning reeds kunnen bieden. Deze stap wordt in het volgende hoofdstuk genomen. Uitgaande van een prioritering op basis van de belangrijkste verkeersproblemen van oudere automobilisten zal de aandacht in *Hoofdstuk 4* vooral zijn gericht op systemen die op enigerlei wijze:

- a. attenderen op naderend verkeer;
- b. objecten (helpen) signaleren die zich in de dode hoek bevinden;
- c. hulp bieden bij het richten van de aandacht op relevante informatie; of
- d. voorkennis verstrekken over de naderende verkeerssituatie.

## 4. De machine

In dit hoofdstuk worden de sterke en zwakke punten van de machine besproken. Net als in *Hoofdstuk 3* wordt hierbij uitgegaan van de resultaten van een SWOT-analyse, en van de benaderingswijzen die in *Hoofdstuk 2* beschreven staan. De nadruk ligt opnieuw op de zwakke punten van de machine of, beter gezegd, de zwakke punten in de wijze waarop die machines ondersteuning bieden (§ 4.1). Dit lijkt tegenstrijdig; het doel van dit project is immers de sterke punten van de machine te gebruiken om de zwakke punten van de mens te ondersteunen. Maar door de mogelijke zwakke kanten van de ondersteuning te onderkennen, kunnen de ondersteunende kwaliteiten van de machine verder worden versterkt, en worden tegelijkertijd de grenzen van de mogelijkheden voor ondersteuning verkend.

Tot nu toe is steeds gesproken over machines in het algemeen. Uiteraard gaat het in het kader van dit project dan om telematicasystemen die de rijtaak kunnen ondersteunen. In § 4.2 wordt dit domein verder ingeperkt tot die systemen die door hun ondersteuning voor de zwakke punten van de oudere automobilist de meeste potentie hebben om de verkeersveiligheid van deze groep verkeersdeelnemers te vergroten (zie § 3.2). Daarbij worden zowel bestaande systemen besproken als systemen die momenteel nog in ontwikkeling zijn. Voor zover er sprake is van bestaande systemen wordt in § 4.2 ook nagegaan wat de bevindingen zijn ten aanzien van het gebruik van deze systemen; zowel in termen van de gebleken effectiviteit op de bedoelde functionaliteit, als in termen van de gebruikerstevredenheid. In aansluiting hierop worden in § 4.3 en 4.4 de voorwaarden besproken waaraan een 'nuttige' machine (een machine zonder nadelige neven-effecten) zou moeten voldoen: respectievelijk vanuit het oogpunt van de gebruiker en de te ondersteunen taak, en vanuit het oogpunt van zijn overige taken en dat van zijn medeweggebruikers. Een en ander wordt samengevat in § 4.5.

### 4.1. Sterke en zwakke punten van de machine in het algemeen

#### 4.1.1. Volgens de SWOT-analyse

De resultaten van de SWOT-analyse ten aanzien van de sterke en zwakke punten van de machine waren kort en krachtig. Als sterke punten van de machine kwamen naar voren: de grote voorspelbaarheid, korte reactietijd en de mogelijkheid om afzonderlijke taken tegelijkertijd uit te voeren (parallele taakuitvoering). Als zwakke punten kwamen naar voren: de begrensde functionaliteit, een beperkt verkeersbegrip en een beperkte 'intelligentie' (Schatz, 2000). Deze sterke en zwakke punten van de machine zijn in feite volledig te verklaren aan de hand van de wijze waarop het machinegedrag tot stand komt. Machines moeten door mensen worden geprogrammeerd, en het is derhalve alleen mogelijk om een taak door een machine uit te laten voeren wanneer precies bekend is op grond van welke regels welke beslissingen genomen moeten worden. Vandaar ook de voorspelbaarheid van het gedrag. Daarnaast geldt dat hoe eenvoudiger de regels zijn, des te sneller de reactie kan plaatsvinden. In feite komt het erop neer dat machines vooral goed zijn in het snel uitvoeren van stimulus-responstaken. Dit soort taken is immers goed te beschrijven in termen van ALS-DAN-regels.



Onvoorspelbaar menselijk gedrag is lastiger in regels te vatten, en derhalve ook moeilijker te automatiseren. Uitzondering hierop vormt gedrag dat onvoorspelbaar is omdat de automobilist niet alle benodigde informatie voorhanden heeft, terwijl deze kennis wel beschikbaar is. Zo is het voorkómen van een slippartij misschien wel heel eenvoudig te programmeren op grond van voertuigdynamische kennis, maar aangezien het gros van de mensen deze kennis niet heeft (en ook zelden nodig heeft), is het voor hen toch een taak die op knowledge-based niveau wordt uitgevoerd en die daardoor meer tijd en inspanning kost. Daar staat tegenover dat de mens in staat is om, op basis van eerdere ervaringen en zijn verkeerskennis, nieuwe regels af te leiden, en de machine over het algemeen niet. Uitgaande van deze redenering zou je kunnen zeggen dat machines vrij eenvoudig taken op operationeel en/of skill-based niveau kunnen overnemen, maar dat het veel moeilijker is om machines taken te laten uitvoeren op strategisch of knowledge-based niveau.

#### 4.1.2. *Volgens het task-capability-interface-model van Fuller*

Het model van Fuller geeft geen aanknopingspunten voor uitspraken over de sterke en zwakke punten van de machine anders dan de conclusie dat telematicasystemen weliswaar kunnen worden ingezet om een verlaging van de taakmoeilijkheid te bewerkstelligen, maar dat bij een onjuist ontwerp of een oneigenlijk gebruik deze zelfde inzet juist kan leiden tot een verhoging van de taakmoeilijkheid (bijvoorbeeld door een contra-intuïtieve werking van het systeem). Aanwijzingen voor hoe deze neveneffecten kunnen worden voorkomen, zijn te vinden in de beschrijvingen vanuit respectievelijk de HF-benadering (onjuist ontwerp), en de cognitieve psychologie (oneigenlijk gebruik).

#### 4.1.3. *Volgens de HF-benadering*

Bij de HF-benadering worden de sterke en zwakke punten van telematicasystemen beoordeeld op grond van de wijze waarop deze systemen ondersteuning bieden: hoe zien eventuele displays eruit en hoeveel informatie wordt er wanneer aangeboden. Deze onderwerpen komen uitgebreid aan bod in § 4.3 en § 4.4.1 en sluiten aan op de zwakke punten van de mens die in § 3.1.2.2 zijn besproken, en in *Tabel 3.2* expliciet vermeld staan als aandachtspunt voor het ontwerp van telematicasystemen.

#### 4.1.4. *Volgens de cognitieve benadering*

Vanuit de cognitieve benadering is het van belang dat telematicasystemen op een zodanige wijze ondersteuning bieden, dat de mens alert genoeg blijft om beslissingen te kunnen (blijven) nemen. Wat gebeurt er bijvoorbeeld als bepaalde delen van de rijtaak worden overgenomen door de machine; is de mens dan nog wel bij de les tijdens de uitvoering van de overige taken, behoudt hij genoeg overzicht over de gang van zaken en begrip van de situatie om beslissingen te nemen en diagnoses te stellen, en is de mens nog in staat (alert, vaardig) om de taak over te nemen als de machine het begeeft? Deze onderwerpen komen aan bod in § 4.4. In dezelfde paragraaf komen ook de aandachtspunten van de SA-theorie en de speltheorie aan bod, die betrekking hebben op respectievelijk de consequenties van ondersteuning voor de overige delen van de rijtaak en de consequenties voor de interactie met medeweggebruikers.

## 4.2. Evaluatie van machines die aansluiten op de zwakke punten van de mens

Uitgaande van de behoefte aan ondersteuning zoals die aan het eind van *Hoofdstuk 3* is geïdentificeerd, wordt in deze paragraaf nagegaan welke systemen (bestaand of in ontwikkeling) in staat kunnen worden geacht om de gewenste ondersteuning te bieden, en daarmee de meeste potentie hebben om de verkeersveiligheid van oudere automobilisten te vergroten. Daarbij beperken we ons tot de systemen die ondersteuning kunnen bieden voor de zwakke punten van de *oudere* mens, en de verkeersproblemen die daaruit kunnen voortvloeien, te weten:

- a. moeite om te beoordelen of medeweggebruikers in beweging zijn en hoe snel zij een kruispunt naderen (waarnemen van beweging);
- b. over het hoofd zien van medeweggebruikers bij invoegen en rijstrookwisselingen (perifere visus en flexibiliteit van nek en romp);
- c. over het hoofd zien van verkeersborden en verkeerslichten (selectieve aandacht);
- d. sterke toename van de reactietijd naarmate de verkeerssituatie complexer wordt, met suboptimale beslissingen als gevolg (snelheid van informatieverwerking en besluitvorming, prestatie onder tijdsdruk).

Voor de 'gemiddelde' mens komen daar nog de problemen als gevolg van overtredingen van de snelheidslimiet en alcohol- en drugsgebruik bij. Systemen als ISA (Intelligente Snelheidsadaptatie) en de alcohol interlock kunnen verkeersproblemen als gevolg van deze zwakke punten van de mens voorkomen. Deze systemen zullen hier echter niet verder worden behandeld, aangezien ze minder relevant zijn voor de oudere automobilist (die minder vaak te hard of onder invloed van alcohol rijdt [Hakamies-Blomqvist, 1994a; Davidse, 2000]). Voor een beschrijving en evaluatie van deze systemen wordt de lezer verwezen naar respectievelijk Oei (2001) en Bax et al. (2001). Hiermee is overigens niet gezegd dat systemen als ISA en de alcohol interlock slecht zijn voor de veiligheid van oudere automobilisten. Er is naar verwachting echter minder veiligheidswinst mee te behalen dan met systemen die zich richten op de bovengenoemde verkeersproblemen van ouderen. Overigens zijn er wel geluiden dat ISA indirect zou kunnen bijdragen aan de verkeersveiligheid van oudere automobilisten. Een groot-schalige implementatie van ISA zou de voorspelbaarheid van het gedrag van medeweggebruikers kunnen vergroten, waardoor het voor de oudere automobilist eenvoudiger wordt om beslissingen te nemen over een veilig moment om in een verkeersstroom in te voegen (Langford & Mitchell, 2003).

De behoeften van (oudere) automobilisten aan ondersteuning van de rijtaak zijn aan het eind van *Hoofdstuk 3* uitsluitend bepaald *op grond van verkeersveiligheidsoverwegingen*. Door dit uitgangspunt worden drie systemen die in de literatuur over ouderen en ITS veelvuldig worden genoemd, grotendeels buiten beschouwing gelaten: 1) nachtzichtverbeteringssystemen (UV-koplampen of infraroodtechnologie), 2) navigatiesystemen en 3) mayday-systemen die bij pech, een ongeval of een andere noodsituatie automatisch de locatie van een voertuig doorgeven. Deze systemen lijken behulpzaam voor automobilisten die respectievelijk moeite hebben om in het donker te rijden, in een onbekende omgeving te rijden, of die subjectieve gevoelens van onveiligheid hebben (Oxley & Mitchell, 1995; Mitchell & Suen, 1997). De genoemde systemen kunnen hierdoor de mobiliteit van ouderen bevorderen, en mayday-systemen kunnen daarnaast ook leiden tot een reductie van de letselernst. Oudere automobilisten zullen zich met deze systemen in hun

auto veiliger voelen, en zullen ook gaan autorijden in omstandigheden die zij anders zouden vermijden, zoals in het donker en in een onbekende omgeving (Oxley & Mitchell, 1995). Het is echter de vraag wat de verkeersveiligheidsconsequenties van deze systemen zouden zijn. Veel ouderen compenseren bijvoorbeeld voor hun nachtblindheid en gevoeligheid voor verblinding door niet meer in het donker te rijden. Dit leidt tot een relatief laag aantal ongevallen met ouderen tijdens de nachtelijke uren (Hakamies-Blomqvist, 1994a; 1994b; Aizenberg & McKenzie, 1997; Zhang et al., 1998; McGwin & Brown, 1999). Als een grootschalige introductie van nachtzichtverbeteringssystemen ertoe leidt dat ouderen met een dergelijk systeem weer in het donker gaan rijden, is dat voor hun mobiliteit en kwaliteit van leven wellicht een positieve zaak. Maar het is de vraag of de veiligheid van deze automobilisten even goed gewaarborgd wordt door deze systemen als door hun gewoonte om niet of zo weinig mogelijk in het donker te rijden.

#### 4.2.1. *Voorbeelden van machines die aansluiten op de zwakke punten van de mens*

Uitgaande van de afgenomen vermogens van de oudere mens en de verkeersveiligheidsconsequenties daarvan, zijn in een aantal studies intelligente transportsystemen geïdentificeerd die gerichte ondersteuning zouden kunnen bieden (zie onder andere Shaheen & Niemeier, 2001; Mitchell & Suen, 1997). Telematicatoepassingen die volgens Mitchell & Suen (1997) in principe ondersteuning zouden kunnen bieden bij problemen met (a) het beoordelen van snelheden en afstanden, (b) de perifere visus, en (c) de selectieve aandacht, zijn:

1. botswaarschuwingssystemen (a);
2. geautomatiseerde rijbaanwisseling en invoegsystemen (a,b);
3. parkeerhulpsystemen (a,b);
4. de projectie van borden en waarschuwingstekens in het voertuig (c); en
5. intelligente cruise control (c).

Entenmann & Küting (2000) beschrijven een systeem dat ondersteuning kan bieden voor problemen met (d) de snelheid van informatieverwerking en besluitvorming:

6. een systeem dat helpt bij het passeren van moeilijke kruispunten.

Om een beeld te geven van de functionaliteit die de bovengenoemde systemen bieden, worden deze hieronder kort beschreven. Voor die systemen die al door oudere automobilisten zijn getest, worden tevens de gebruikerservaringen besproken. Veel van de beschreven systemen zijn echter nog in ontwikkeling, voornamelijk doordat de technologie die nodig is om de benodigde ondersteuning te kunnen bieden nog niet beschikbaar is.

##### 4.2.1.1. Botswaarschuwingssystemen voor conflicten op kruispunten

Botswaarschuwingssystemen zijn er in verschillende vormen, al naar gelang de botsrichting die zij in de gaten houden en de mate waarin zij ingrijpen als er niet op de waarschuwing wordt gereageerd. In die zin kan een groot deel van de in de vorige paragraaf genoemde systemen onder de term botswaarschuwingssystemen worden geschaard. Immers, geautomatiseerde rijbaanwisseling en invoegsystemen waarschuwen voor botsingen met verkeer in de naastgelegen rijstrook, parkeerhulpsystemen waarschuwen voor objecten of voertuigen die over het hoofd worden gezien doordat ze vanuit de bestuurderspositie niet goed zichtbaar zijn, en intelligente cruise-controlsystemen waarschuwen voor botsingen met voorliggers. De in § 3.2

gedefinieerde behoefte aan ondersteuning die volgens Mitchell & Suen (1997) door botswaarschuwingssystemen zou kunnen worden geboden, heeft echter specifiek betrekking op het attenderen van de bestuurder op verkeer dat net als hij een bepaald kruispunt nadert. Dit type botswaarschuwingssystemen sluit aan op het belangrijkste verkeersprobleem van oudere automobilisten: links afslaan op kruispunten. Maar het is ook de meest complexe situatie om botsingen te voorspellen; het verkeer komt immers uit drie verschillende richtingen en kan bovendien rechtdoor rijden of afslaan. In 1997 verwachtten Mitchell & Suen dan ook dat dit type botswaarschuwingssystemen (die ter voorkoming van kruispuntongevallen) de langste ontwikkelingstijd zou vergen.

Inmiddels, in 2003, worden in Japan de eerste tests uitgevoerd met een systeem dat de gewenste functionaliteiten lijkt te bieden. Het gaat om het zogenoemde 'smart cruise system', dat zeven vormen van ondersteuning biedt, waaronder waarschuwingen ter voorkoming van kruispuntongevallen en waarschuwingen ter voorkoming van ongevallen bij rechts afslaan (in Japan rijdt men links). De verschillende onderdelen van het systeem worden apart getest, waarbij onder meer aandacht wordt besteed aan de veiligheidseffecten en het gebruiksgemak. Voor de twee bovengenoemde onderdelen die gericht zijn op het voorkomen van kruispuntongevallen, zijn voor zover de auteur heeft kunnen nagaan helaas nog geen testresultaten bekend (Japanese Ministry of Construction, 2000; Japanese Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2002).

Een ander botswaarschuwingssysteem dat gericht is op het voorkomen van kruispuntongevallen, is speciaal ontwikkeld voor het DRIVE-II-project EDDIT (Elderly and Disabled Drivers Information Telematics). Uitgangspunt was een systeem te ontwikkelen dat aansluit op de ongevalsproblematiek van oudere automobilisten: kruispuntongevallen en ongevallen bij links afslaan (of rechts afslaan in landen waar links gereden wordt). Dit systeem werd in een rijnsimulator gesimuleerd en getest. Het gesimuleerde systeem gaf via een lichtsignaal aan of de volgafstand tussen twee voertuigen in de kruisende verkeersstroom groot genoeg is om na een afslaande manoeuvre in te kunnen voegen. Als de volgafstand groter of gelijk was aan een vooraf geselecteerde drempelwaarde van 6 seconden gaf een groen licht aan dat het veilig was om af te slaan, en in andere gevallen werd een rood licht getoond. Het licht bleef op rood staan totdat het naderende voertuig de testauto was gepasseerd, waarna het apparaat de afstand tot het volgende voertuig in de kruisende verkeersstroom mat. Het botswaarschuwingssysteem was alleen in werking als het testvoertuig stilstond alvorens af te slaan (Oxley & Mitchell, 1995).

In een rijnsimulator is het systeem getest op veiligheid en gebruiksvriendelijkheid. Hoewel het systeem geen status heeft als commerciële toepassing, kunnen de resultaten wel inzicht geven in het potentiële nut van dit type systemen. De veiligheidseffecten van het systeem werden bepaald op grond van de tijd tot botsing (TTC). De testresultaten laten zien dat de tijden tot botsing bij gebruik van het systeem kleiner waren dan bij afwezigheid van het systeem. Ook het aantal bijna-ongevallen (TTC kleiner dan 1 seconde) was groter bij gebruik in de conditie met botswaarschuwingssysteem. Kennelijk adviseert het systeem oudere automobilisten een kortere tussenruimte te kiezen dan ze zelf zouden willen. Daarbij kan ook de benodigde manoeuvreertijd een rol spelen: sommige automobilisten namen relatief veel tijd voor het uitvoeren van de afslaande beweging. Op basis van deze

resultaten wordt aanbevolen dat de drempelwaarde die het botswaarschuwingssysteem aanhoudt voor de benodigde tussenruimte, afgesteld moet kunnen worden op de reactietijd van het individu. Een uniforme afstelling van de ruimte die nodig is om te kunnen invoegen is op zijn minst zinloos en in het ergste geval gevaarlijk, aldus Oxley (1996). In positieve zin laten de testresultaten zien dat het botswaarschuwingssysteem mensen er wel van kan weerhouden een (te) korte tussenruimte te kiezen om in te voegen; bijna-ongevallen die gepaard gingen met een gekozen tussenruimte die kleiner was dan 6 seconden - de ingestelde drempelwaarde van het systeem - kwamen vrijwel alleen voor in de conditie zonder botswaarschuwingssysteem.

De meningen van de gebruikers weerspiegelen de bovengenoemde bevindingen. Over het algemeen vonden de proefpersonen het systeem nuttig: 63 % vond het systeem behoorlijk tot zeer nuttig voor overdag, en alle proefpersonen vonden het behoorlijk tot zeer nuttig voor gebruik 's nachts. Daar staat tegenover dat circa tweederde van de proefpersonen van mening was dat het systeem incorrecte informatie gaf (door het systeem als veilig bestempelde tussenruimtes werden onveilig beschouwd en vice versa). Ruim eenderde van de proefpersonen gaf aan dat het systeem hun zelfvertrouwen zou verbeteren. Slechts één persoon dacht iets meer te gaan rijden als hij het systeem in zijn auto zou hebben. De helft van de oudere proefpersonen was bereid voor het systeem te betalen.

Dingus et al. (1998) suggereren op basis van onder andere Treat et al. (1977) dat kruispuntongevallen in het algemeen niet zozeer het gevolg zijn van het verkeerd inschatten van de benodigde tussenruimte, maar eerder het gevolg van het niet opmerken van het kruisende voertuig. Uitgaande van deze veronderstelling zou het informeren over voldoende grote tussenruimtes om in te voegen - zoals aangeboden in het EDDIT-project - slechts een deel van de kruispuntongevallen kunnen voorkómen. Het systeem was immers alleen in werking als de automobilist het testvoertuig tot stilstand had gebracht alvorens af te slaan, en niet als hij doorreed omdat hij in de veronderstelling was dat er geen kruisend verkeer was. Voor een verdere reductie van het aantal kruispuntongevallen door de inzet van ITS is het wachten op de systemen zoals die momenteel in Japan worden ontwikkeld in het kader van het 'smart cruise system'.

#### 4.2.1.2. Geautomatiseerde rijbaanwisseling en invoegsystemen

Geautomatiseerde rijbaanwisseling- en invoegsystemen ondersteunen de automobilist bij het vinden van voldoende tussenruimte en zorgen ervoor dat er op die plaats wordt ingevoegd. Deze systemen gaan een stap verder dan het uitsluitend attenderen van de bestuurder; ze nemen voor een korte periode de voertuigcontrole volledig over. Dergelijke ondersteuning is op dit moment technisch gezien nog niet haalbaar (Kobayashi et al., 2002). Mitchell & Suen (1997) verwachten dat deze systemen pas tussen 2010 en 2030 beschikbaar komen.

Een eenvoudiger vorm van ondersteuning voor het wisselen van rijbaan en voor invoegen wordt geboden door botswaarschuwingssystemen. Regan et al. (2001) bespreken 'lane-change collision warning (LCCW)'-systemen en 'lane-change collision warning and avoidance (LCCWA)'-systemen. Zoals de naam al doet vermoeden geeft het eerste systeem alleen een waarschuwing, terwijl het tweede systeem zo nodig ook een stuurbeweging

maakt die de dreigende botsing voorkomt. In dit opzicht komen de laatstgenoemde systemen dichterbij in de buurt van een geautomatiseerd rijbaanwisseling- en invoegstelsel, maar ook deze zijn nog niet verkrijgbaar. Alleen LCCW-systemen zijn momenteel leverbaar (Regan et al., 2001).

Evaluatiestudies van het gebruik van LCCW-systemen door oudere automobilisten zijn volgens Regan et al. (2001) niet beschikbaar. In het algemeen hebben LCCW-systemen verschillende nadelen, zoals een hoog percentage vals alarm, en de geringe laterale afstand tussen voertuigen, die het voor automobilisten lastig maakt om op aanwijzing van het systeem weg te sturen van het botsobject (Dingus et al., 1998).

#### 4.2.1.3. Parkeerhulpsystemen

De LCCW-systemen die in de vorige paragraaf werden beschreven, attenderen de automobilist op voertuigen die zich in zijn dode hoek bevinden. Een type systemen dat vergelijkbare ondersteuning biedt, detecteert de objecten die zich achter een manoeuvrerend voertuig bevinden. Dergelijke systemen kunnen het type ongeval voorkomen dat zich tijdens inparkeren kan voordoen. Voor een reductie van de verkeersonveiligheid is dit type systemen minder interessant. Zowel in termen van aantal ongevallen als in termen van de ongevals ernst hebben parkeerongevallen slechts een zeer gering aandeel in de verkeersonveiligheid. De problemen die ouderen bij achteruitrijden ondervinden en de eventuele aanrijdingen die hieruit resulteren, kunnen er echter wel toe leiden dat ouderen bepaalde bestemmingen vermijden.

In het EDDIT-project dat in paragraaf 4.2.1.1 werd besproken, zijn twee systemen getest die hulp bieden bij achteruitrijden: het GEC-Marconi Avionics-systeem en het Bosch ParkPilot-systeem. Beide systemen maken gebruik van op de achterbumper geplaatste sensoren die bepalen of er zich achter de auto objecten bevinden en wat de afstand tot deze objecten is. De afstand tot de objecten wordt aan de bestuurder getoond door middel van gekleurde lichtjes (rood, geel/oranje en groen) die op een display op respectievelijk het dashboard en de hoedenplank (zichtbaar in de binnenspiegel) zijn gemonteerd. Het rode licht gaat aan bij een afstand die kleiner is dan 0,5 meter. Bij het Parkpilot-systeem van Bosch wordt het gekleurde licht begeleid door een pieptoon als de afstand tot het object kleiner wordt dan 1 meter. Deze pieptoon is in eerste instantie onderbroken, waarbij de frequentie van de pieptoon toeneemt naarmate de afstand tot het object kleiner wordt. De pieptoon wordt continu als de afstand tot het object is afgenomen tot 30 centimeter.

Oxley & Mitchell (1995) concluderen op grond van onderzoek naar het gedrag van ouderen die met deze systemen reden, dat beide systemen automobilisten in staat stelden om veel dichterbij objecten te parkeren; met de parkeersystemen wordt het dus makkelijker om in krappe plaatsen in te parkeren. In termen van veiligheid was er weinig verschil in de prestatie van de automobilisten met en zonder parkeersysteem. Bij de eerste ritten met het systeem was het aantal aanrijdingen wel groter dan zonder systeem, maar deze aanrijdingen kunnen worden toegeschreven aan het vertrouwd raken met het systeem.

De reacties van de oudere automobilisten op beide systemen waren zeer positief. De meerderheid van de proefpersonen vond ze nuttig tot zeer nuttig, en eenvoudig in het gebruik. Het merendeel van de proefpersonen was ook bereid ervoor te betalen. Het bedrag dat zij bereid waren te betalen,

kwam overeen met de daadwerkelijke prijs van het systeem (Oxley, 1996). Wensen voor verbetering van het systeem hadden betrekking op uitbreiding met de detectie van objecten die zich naast het voertuig bevinden, en een (luidere) waarschuwingstoon die de lichtsignalen begeleidt (Oxley & Mitchell, 1995).

#### 4.2.1.4. Projectie van borden en waarschuwingstekens in het voertuig

De projectie van borden en waarschuwingstekens in het voertuig maakt gebruik van de technologie om de inhoud van een verkeersbord dat langs de weg staat over te sturen naar het voertuig, en daar te projecteren op een scherm in het dashboard of via een 'head-up display'. Deze systemen zorgen ervoor dat de bestuurder het bord beter kan zien, en voor zo lang hij dat wil (Mitchell & Suen, 1997). Een wijdverspreid gebruik van dit type systemen vergt volgens Mitchell & Suen (1997) nationale en internationale richtlijnen voor de transmissie van informatie en een aanzienlijke investering in transmitters langs de kant van de weg.

In-vehicle sign informatiesystemen (ISIS) hebben als nadeel dat ze de aandacht van de automobilist richten op de in-vehicle displays en deze daarmee weghalen van de rijbaan (Lee, 1997). Daar staat tegenover dat het verwerken van informatie afkomstig van ISIS eenvoudiger is doordat deze informatie niet wordt beïnvloed door omgevingsfactoren (regen, sneeuw en mist), zoals het geval is bij verkeersborden. Dit neemt niet weg dat met het gebruik van ISIS de aandacht van de bestuurder procentueel gezien langer gericht is op zaken die zich in het voertuig afspelen, en er derhalve minder aandacht overblijft om de omgeving af te tasten (Lee, 1997). Uitgaande van de functionele beperkingen van de oudere automobilist, met name de moeite die zij hebben om de aandacht te verdelen tussen de rijtaak en andere activiteiten, is te verwachten dat ISIS grotere nadelige effecten heeft op het rijgedrag van ouderen. De positie van het in-vehicle display (op het dashboard of een projectie op de voorruit) en de wijze waarop de informatie wordt aangeboden, bepalen in belangrijke mate of de veiligheidseffecten van ISIS positief of negatief zullen zijn (Stamatiadis, 1998; Perel, 1998; Pauzié, 2002; Luoma & Rämä, 2002).

#### 4.2.1.5. Intelligente cruise control

Systemen die intelligente cruise control (ICC) aanbieden (ook wel Adaptive Cruise Control (ACC) genoemd), zorgen er over het algemeen voor dat het voertuig op de (door de bestuurder) gewenste snelheid blijft rijden, en detecteren bovendien voorliggers die langzamer rijden en reageren daarop. Afhankelijk van het type ICC bestaat deze reactie uit een signaal naar de bestuurder (bijvoorbeeld een waarschuwingssignaal of tegendruk op het gaspedaal) of overname van de functie van het rem- en gaspedaal (zie bijvoorbeeld Hoetink, 2003). Mitchell & Suen (1997) spreken over ICC als een systeem dat ook in reactie op signalen vanuit de wegomgeving de snelheid van het voertuig kan aanpassen. Voorbeelden van omgevingsignalen die aanleiding kunnen zijn om de snelheid aan te passen, zijn de lokale snelheidslimiet, een voorrangsbord, een verkeerslicht dat op rood staat of een spoorwegovergang. Systemen die de snelheid van de auto aanpassen in reactie op een lokale snelheidslimiet behoren tot de categorie ISA-systemen; deze systemen sluiten niet aan bij één van de zwakke punten van de oudere automobilist en zullen hier derhalve niet nader worden besproken. Een ICC-systeem dat anticipeert op de aanwezigheid van

voorrangsborden, stopborden of verkeerslichten kan wel bijdragen aan het voorkómen van een veel gemaakte fout bij ongevallen waarbij oudere automobilisten betrokken zijn: het niet verlenen van voorrang. De lagere rijnsnelheid geeft de automobilist meer tijd om de eerstvolgende verkeerssituatie te beoordelen en vervolgens juist te handelen.

Momenteel zijn er nog geen ICC-systemen op de markt die de snelheid van het voertuig aanpassen in reactie op de aanwezigheid van verkeerslichten, waarschuwings- en/of voorrangsborden. Wel is er in Finland een studie uitgevoerd met een systeem dat het midden houdt tussen het hierboven beschreven type ICC-systeem en de ISIS-systemen die in de vorige paragraaf beschreven staan. Het systeem presenteert de aanwezige verkeersborden en geeft aan wat er van de bestuurder wordt verwacht. Doel van de studie was na te gaan wat de gebruikersacceptatie is van een informatiesysteem dat verkeersborden in het voertuig presenteert. De borden die werden gepresenteerd, hadden betrekking op de snelheidslimiet, kinderen en fietsers. Elke nieuwe afbeelding werd voorafgegaan door een geluidssignaal. De gepresenteerde informatie werd op vier verschillende manieren aangeboden: a) alleen een afbeelding van het verkeersbord; b) afbeelding van het verkeersbord in combinatie met een auditieve weergave van de betekenis van het bord; c) het verkeersbord in combinatie met auditieve feedback over het gedrag van de automobilist; of d) het verkeersbord in combinatie met een complete instructie van wat er in dat geval van de automobilist wordt gevraagd (bijvoorbeeld snelheid minderen en uitkijken voor fietsers). Het informatiesysteem was ingebouwd in een geïnstrumenteerde auto. De proefpersonen moesten - na een oefenrit - met deze auto vier keer dezelfde route afleggen, voor elke manier van informatie presenteren een rit, steeds in de volgorde waarin ze hierboven vermeld staan.<sup>2</sup> De af te leggen route werd aangegeven door middel van een navigatiesysteem dat ook onderdeel was van het informatiesysteem (Luoma & Rämä, 2002).

De proefpersonen werd vervolgens gevraagd de bruikbaarheid van de geboden informatie per onderdeel te bepalen. De navigatiefunctie, de visuele weergave van de verkeersborden en het geluidssignaal voorafgaand aan de presentatie van een nieuwe afbeelding werden als zeer nuttig ervaren. Van de vier presentaties van verkeersborden gaf men de voorkeur aan de uitsluitend visuele weergave van het verkeersbord, gevolgd door de weergave met gerichte feedback. Een complete instructie van wat er conform het verkeersbord van de automobilist werd verwacht, werd het minst gewaardeerd. Afgezien van deze algemene bevindingen leken er op dit punt wel meningsverschillen te bestaan tussen jonge (18 t/m 23 jaar) en oudere (59 t/m 86 jaar) proefpersonen: de oudere deelnemers waren positiever over de complete instructie dan de jongere deelnemers.

Gevraagd naar de effectiviteit van in het voertuig gepresenteerde verkeersborden in vergelijking tot conventionele verkeersborden, was 89% van de proefpersonen van mening dat het informatiesysteem de effectiviteit van de verkeersborden vergroot en de verkeersveiligheid verbetert. Daarnaast gaf 74% van de proefpersonen aan dat het systeem tot een verhoging van het

---

<sup>2</sup> Dit onderzoeksdesign werd gekozen omdat verondersteld werd dat de proefpersonen op deze wijze de geboden informatie beter konden vergelijken (steeds iets meer informatie); het moge echter duidelijk zijn dat de keuze voor deze opzet de nodige beperkingen heeft voor de bruikbaarheid van de onderzoeksresultaten.



rijcomfort leidt. Daar staat tegenover dat veel proefpersonen aan hebben gegeven tijdens het gebruik van het systeem regelmatig ongewild langzamer te zijn gaan rijden, of pas vrij laat de aanwezigheid van een andere weggebruiker of een obstakel te hebben opgemerkt. Feitelijke gedragseffecten zijn in deze studie niet onderzocht.

Gevraagd naar de bereidheid om te betalen voor een systeem dat voldeed aan de eigenschappen die zij het meest wenselijk vonden, gaf bijna 75% aan bereid te zijn om het systeem aan te schaffen. De bedragen die men bereid was te betalen varieerden van 34 tot 504 euro, met een gemiddelde van 200 euro. De oudere proefpersonen waren minder bereid geld voor het systeem uit te geven: terwijl alle jongeren bereid waren het systeem aan te schaffen, was slechts de helft van de ouderen daartoe bereid en hadden de overige ouderen er minder geld voor over dan de jongeren.

#### 4.2.1.6. Bestuurdersinformatiesysteem voor veeleisende verkeerssituaties

Entenmann & Küting (2000) beschrijven een systeem dat DaimlerChrysler ontwikkelt als ondersteuning voor oudere automobilisten. Het systeem kan worden omschreven als een navigatiesysteem dat niet alleen route-informatie geeft, maar ook vroegtijdig informatie verstrekt over de cruciale elementen van de eerstvolgende verkeerssituatie. Door de automobilist vroegtijdig en sequentieel informatie aan te bieden, kan hij een mentaal beeld vormen van wat hem te wachten staat en wel op een moment dat zijn taakbelasting nog laag is. Deze mentale weergave stelt de automobilist in de gelegenheid om zijn aandacht op de belangrijkste verkeersobjecten van de voorliggende verkeerssituatie te richten.

Uiteraard zou het systeem niet behulpzaam zijn als de automobilist deze informatie bij elk kruispunt krijgt. Daarom stellen Entenmann & Küting (2000) voor om de automobilist alleen te attenderen op de complexere kruispunten. Deze complexiteit zou kunnen worden afgeleid uit het aantal rijstroken, het aantal verkeerslichten en verkeersborden en het jaarlijks aantal ongevallen (met ouderen). De informatie die aan de bestuurder wordt verstrekt, zou beperkt moeten blijven tot een indicatie van de complexiteit van het kruispunt, het aantal rijstroken, en de aspecten van het kruispunt die aandacht verdienen (bijvoorbeeld een voetgangersoversteekplaats). Aangezien dergelijke informatie nog niet in de standaard digitale kaarten was opgenomen, hebben Entenmann et al. (2001) een pilotonderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van de koppeling van de bovengenoemde informatie aan digitale kaarten. Deze pilot werd uitgevoerd in het kader van het NextMAP-project, een samenwerkingsverband tussen kaartproducenten en autofabrikanten. De pilot wees uit dat het technisch gezien mogelijk is om de benodigde informatie te verzamelen en te digitaliseren.

In het kader van deze pilot is tevens een veldtest uitgevoerd om de gedragseffecten en de acceptatie van het bestuurdersondersteuningssysteem te onderzoeken. Het systeem dat voor deze veldtest werd gebruikt, ondersteunde de bestuurder bij het kiezen van de juiste rijnsnelheid (op basis van de geldende snelheidslimiet), bij het kiezen van de juiste rijstrook, en bij het passeren van kruispunten. Helaas zijn specifieke resultaten niet publiekelijk beschikbaar. Entenmann et al. (2001) bespreken de testresultaten slechts in zeer algemene bewoordingen: "informatie over rijstroken, snelheidslimieten en voorrangregeling is bijzonder nuttig voor automobilisten in veeleisende verkeerssituaties in de stad en deze informatie werd zeer goed ontvangen. De extra informatie die wordt verstrekt maakt dat het systeem een grotere

bijdrage aan de verkeersveiligheid levert dan een standaard navigatiesysteem.”

#### 4.2.2. *Gebruikersacceptatie*

Ten aanzien van de bereidheid om telematicatoepassingen te gebruiken en aan te schaffen, blijkt uit de resultaten van het EDDIT-project dat de oudere automobilisten die aan dit project meewerkten in grote mate bereid waren het gebruik en de aanschaf van telematicatoepassingen te overwegen. Het geldt dat zij hiervoor over zouden hebben, lag bovendien in de buurt van de aanschafprijs van de verschillende producten. Deze bevindingen komen overeen met de resultaten van een overzichtstudie naar het aanschafgedrag van ouderen waar het de aankoop van een auto betreft; deze overzichtstudie was een van de startactiviteiten van het EDDIT-project. Ouderen bleken over het algemeen kleinere auto's te kopen, maar met meer extra's dan jongere bestuurders. Ze waren bereid te betalen voor extra's zoals stuurbevestiging en automatische bediening van de ruiten, op voorwaarde dat deze extra's in een behoefte voorzien (Oxley & Mitchell, 1995). In een meer recente Zweedse studie (Viborg, 1999) zijn vergelijkbare resultaten gevonden. Gevraagd naar hun houding ten opzichte van 15 in-car informatiesystemen, stonden ouderen (65 jaar en ouder) positiever tegenover de meeste ITS-toepassingen dan jongere automobilisten (30 t/m 45 jaar). De systemen die door ouderen vaker als nuttig werden beschouwd dan door jongeren, waren automatische snelheidsadaptatie (aanpassing aan de snelheidslimiet of aan gladde wegen of mist), een systeem voor automatisch afstand houden, een systeem dat waarschuwt als er gevaar dreigt bij het oversteken van een kruising, en een systeem dat waarschuwt als er gevaar dreigt bij links afslaan op een kruising. Aangezien de eerste twee systemen functies overnemen, lijkt het erop dat ouderen meer geneigd zijn dwingende systemen te accepteren.

De Waard, Van der Hulst & Brookhuis (1999) trekken dezelfde conclusies op basis van de resultaten van een simulatorstudie naar de effecten op het rijgedrag van een in-car toezichtstelsel. In deze studie kregen automobilisten auditieve en visuele aanwijzingen als zij te hard reden, niet stopten voor een stopbord, door rood licht reden of een straat voor eenrichtingsverkeer aan de verkeerde kant inreden. Zowel oudere (60 t/m 75 jaar) als jongere automobilisten (30 t/m 45 jaar) maakten minder overtredingen als het systeem in werking was. Maar de meningen over het systeem verschilden sterk tussen de ouderen en de jongeren: hoewel beide groepen het systeem nuttig vonden, waren de ouderen ook echt blij met het systeem.

Het bovengenoemde onderzoek ten aanzien van gebruikersacceptatie wijst erop dat de ITS-toepassingen die in de voorgaande paragrafen zijn besproken, door ouderen zullen worden geaccepteerd als een middel om hun veiligheid te vergroten. Maar of een specifiek systeem ook daadwerkelijk tot positieve veiligheidseffecten zal leiden, zal mede afhankelijk zijn van het ontwerp.

### 4.3. Ontwerpprincipes

Oudere automobilisten zijn gevoeliger voor de consequenties van slecht ontworpen ITS-toepassingen dan jongere automobilisten (Stamatiadis, 1994; geciteerd in Regan et al., 2001). De eerstgenoemden hebben over het algemeen meer tijd nodig om tijdens het rijden neventaken uit te voeren (Green, 2001b). Het is derhalve van groot belang om bij het ontwerp van de mens-machine-interface van ITS-toepassingen rekening te houden met de mogelijkheden en beperkingen van oudere automobilisten (Regan et al., 2001). Er zijn diverse rapporten beschikbaar die de huidige algemene richtlijnen beschrijven (voor een overzicht, zie Green, 2001a). Stevens et al. (2002) hebben de bestaande algemene richtlijnen samengevat in een goed leesbaar en overzichtelijk rapport dat tevens verwijzingen bevat naar literatuur voor een onderbouwing van de opgenomen richtlijnen. Caird et al. (1998) geven op vergelijkbare wijze een overzicht van de huidige richtlijnen, maar gaan daarnaast ook in op de richtlijnen die van specifiek belang zijn voor de oudere gebruiker, waarbij ze zich baseren op richtlijnen die zijn voorgesteld door Dingus et al. (1996), Kline & Scialfa (1997) en Granda et al. (1997). In *Tabel 4.1* zijn de laatstgenoemde richtlijnen samengevat, in combinatie met de functiestoornissen waarvoor ze relevant zijn. Deze functiestoornissen komen overeen met de functiestoornissen die in *Tabel 3.2* zijn genoemd (ONTWERPCRITERIA). De gebruikte terminologie is in sommige gevallen overgenomen van Gardner-Bonneau & Gosbee (1997).

Functiestoornissen op het terrein van:	Relevante ontwerpprincipes
Algemene sensorische gebreken	Signalen op verschillende manieren aanbieden, zoals auditieve, visuele en tastbare feedback
Gezichtsscherpte (dichtbij)	Gebruik labels met een groot lettertype
Kleurgevoeligheid	Maak gebruik van witte letters op een zwarte achtergrond
Gezichtsvermogen bij een laag verlichtingsniveau (nachtblindheid)	Voorzie toepassingen die gebruikt worden bij een laag verlichtingsniveau van extra verlichting
Gevoeligheid voor verblinding	Voorzie bedieningspanelen van een matte afwerkingslaag en displays van een coating tegen schittering
Gehoor	Gebruik auditieve signalen binnen het bereik van 1500-2500 Hz
Contrastgevoeligheid en diepteperceptie	Als diepteperceptie van belang is, gebruik dan extra aanwijzingen zoals relatieve grootte, interpositie, lineaire positie en patroonverschillen
Selectieve aandacht	Vergroot de opvallendheid van cruciale elementen door verschillen in grootte, contrast, kleur of beweging
Perceptie-reactietijd	Geef de gebruiker voldoende tijd om te reageren op een verzoek van het systeem en gebruik vooraankondigingen zodat de gebruiker voldoende tijd heeft om op de voorliggende verkeerssituatie te reageren
Manuele handigheid en kracht	Gebruik knoppen met een grote diameter, knoppen met een ruw oppervlak en met weinig weerstand

Tabel 4.1. *Functiestoornissen en relevante ontwerpprincipes (Naar Caird et al. [1998] en Gardner-Bonneau & Gosbee [1997]).*

De richtlijnen die in *Tabel 4.1* zijn opgenomen, zijn alle geselecteerd op basis van de beperkingen van de oudere automobilist. Bij het ontwerp van systemen die door ouderen worden gebruikt, kan echter ook worden geprofiteerd van de ervaring die ouderen hebben. Bijvoorbeeld door gebruik te maken van dingen die ze kennen, zoals verkeersgerelateerde afbeeldingen of eigenschappen die gangbaar zijn bij andere producten die ouderen gebruiken (Gardner-Bonneau & Gosbee, 1997).

#### 4.4. Kansen en bedreigingen van ondersteuning door machines

Uitgaande van een systeem dat aansluit op de zwakke punten van de mens, en dat voldoet aan de ontwerpprincipes die in de vorige paragraaf zijn besproken, is een veilige ondersteuning van de rijtaak nog niet gegarandeerd. Allereerst is er de vraag of de gebruiker van het systeem bereid is om het systeem aan te schaffen, te gebruiken en te accepteren (zie § 4.2.2). Daarnaast is er de vraag of het systeem geen nadelige neveneffecten heeft die de verkeersonveiligheid vergroten in plaats van verkleinen. Deze twee vragen kunnen worden opgevat als de vraag naar de kansen en bedreigingen van de ondersteuning van de mens door middel van telematicasystemen. Tijdens de SWOT-sessie (zie § 3.1.1) kwam naar voren dat de slagingskansen (Opportunities) van de inzet van telematicasystemen worden bepaald door de bruikbaarheid van het systeem, het draagvlak dat ervoor is, de mate waarin de overheid zorg kan dragen voor de kosten (al dan niet in de vorm van subsidie), en de mate waarin er sprake is van een specifieke gebruikersgroep. Anderzijds kan een effectieve ondersteuning door middel van telematicasystemen worden belemmerd (Threats) door wet- en regelgeving, de aanschaf- en onderhoudskosten van het systeem, de penetratiegraad van het systeem, het gevaar dat de bestuurder de controle over de rijtaak verliest doordat hij niet meer alle touwtjes in handen heeft, fouten in de taakuitvoering door de machine, de risicoacceptatie bij fouten van de machine, en de onderlinge afstemming tussen verschillende (telematica)systemen. De *kansen* (Opportunities) van telematicasystemen zijn reeds besproken in § 4.2; niet alleen bij de factoren die een rol spelen in de gebruikersacceptatie, maar ook indirect bij de selectie van systemen die voorzien in de objectieve behoefte aan ondersteuning van oudere automobilisten. In de volgende paragrafen worden de *bedreigingen* (Threats) besproken; meer specifiek die bedreigingen die gerelateerd zijn aan het gedrag van de automobilist. Technische, bestuurlijke of financiële belemmeringen worden hier niet nader besproken.

##### 4.4.1. Onderlinge afstemming tussen ITS-toepassingen

In het voorgaande is steeds gesproken over losse ITS-toepassingen; zowel bij de werking van het systeem als bij de effecten op het rijgedrag. In een situatie waarbij autobezitters meer dan één systeem in hun auto kunnen (laten) inbouwen, kunnen nieuwe problemen ontstaan. Zo kan de aanwezigheid van verschillende systemen leiden tot meer displays, waardoor de automobilist zijn aandacht over verschillende informatiebronnen moet verdelen, en daarmee de observatietaak complexer wordt. Oudere automobilisten zijn hierbij extra in het nadeel, aangezien leeftjidsverschillen meer tot uitdrukking komen naarmate taken complexer worden; dit uit zich in tragere reactietijden (zie onder andere McDowd & Craik, 1988). Als de verschillende systemen hun berichten bovendien op hetzelfde moment

kunnen doorgeven, wordt de druk op de automobilist nog groter. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de aanwezigheid van verschillende, onafhankelijk functionerende systemen de taakbelasting vergroot, en daarmee een tegengesteld doel wordt bereikt dan waarvoor de ITS - in het kader van deze studie - wordt ingezet: verlaging van de taakbelasting.

Coördinatie tussen de systemen zou dit probleem kunnen ondervangen (ETSC, 1999). Hiermee kan ook worden voorkomen dat verschillende systemen conflicterende instructies geven of, in het ergste geval, conflicterende acties uitvoeren. De coördinatie tussen systemen kan op verschillende manieren worden vormgegeven. Heijer et al. (2001) adviseren ITS-toepassingen voor de ondersteuning van automobilisten (Advanced Driver Assistance Systems ADAS) te richten op de ondersteuning van sets van problemen in plaats van aparte ADAS-toepassingen voor de ondersteuning van elk apart probleem.

De coördinatie tussen verschillende systemen kan ook worden vormgegeven door de tussenkomst van een algoritme dat bepaalt wanneer welke informatie op welke wijze mag worden doorgegeven. Vonk, Van Arem & Hoedemaeker (2002) beschrijven een dergelijk algoritme, dat zij BIBI hebben genoemd (Bijzonder Intelligente Bijrijder Interface). Het moment waarop een bepaalde boodschap wordt doorgegeven, is bij BIBI afhankelijk van het verkeersrisico dat gepaard gaat met de verkeerssituatie waarin de automobilist zich bevindt (gereden snelheid in relatie tot limiet, afstand tot obstakels), de momentane taakbelasting (laag, middelhoog, hoog) en de prioriteit van de door te geven boodschap (telefoon, e-mail, navigatiebericht). In een situatie waarin de taakbelasting hoog is of er sprake is van een hoog verkeersrisico, wordt alleen informatie met een hoge prioriteit doorgegeven. Bij een lage taakbelasting en een laag verkeersrisico mag alle informatie worden doorgegeven. Als verschillende boodschappen gelijktijdig aan BIBI worden aangeboden, wordt de volgorde waarin de informatie wordt doorgegeven bepaald door de prioriteit van de informatie. (Zie Färber & Färber, 2003; Piechulla et al., 2003; Wheatley & Hurwitz, 2001 voor beschrijvingen van soortgelijke systemen).

BIBI is uitsluitend een algoritme en vervangt dus niet de displays van de verschillende informatiesystemen die in het voertuig zijn ingebouwd. Daarmee lost BIBI niet alle problemen van de aanwezigheid van verschillende ITS-toepassingen op. Een combinatie van BIBI en de suggestie van Heijer et al. (2001) om de ondersteuning van soortgelijke taken in één systeem te bundelen, gaat een stap verder in de goede richting. Overigens was het oorspronkelijk de bedoeling om BIBI ook de functie te geven van enige interface tussen de informatiesystemen en de automobilist. De automobilist zou op deze manier alleen worden geconfronteerd met de informatie die BIBI via zijn display doorgeeft en merkt niets van de aanwezigheid van de achterliggende systemen die de informatie genereren. Hoewel deze constructie vanuit het oogpunt van de HF-benadering gunstig is voor de automobilist, kleven er technisch gezien beperkingen aan. Voor een langere gebruikswaarde van het systeem moet de interface namelijk de functionaliteiten bieden die toekomstige diensten (mogelijk) nodig zullen hebben om hun informatie te kunnen leveren. Als daarmee niet voldoende rekening wordt gehouden, dan zal het systeem de toevoeging van nieuwe systemen kunnen belemmeren, of dergelijke nieuwe systemen zullen buiten de invloed van het BIBI opereren en zouden daarmee alsnog kunnen leiden tot een verhoging van de taakbelasting.

#### 4.4.2. *Neveneffecten van ondersteuning: van human-out-of-the-loop tot gedragsadaptatie*

De ITS-toepassingen die in § 4.2 zijn besproken, hebben tot doel de automobilist te helpen bij de uitvoering van zijn rijtaak. Deze ondersteuning kan variëren van hulp bij de waarneming tot het overnemen van de controle van het voertuig bij het invoegen op een snelweg. Het uiteindelijke doel van deze vormen van ondersteuning is de automobilist veiliger te laten rijden. Dit betekent niet alleen dat de ondersteunde (deel)taak veiliger moet worden uitgevoerd, maar ook dat de ondersteuning geen negatieve veiligheidsconsequenties mag hebben voor de andere (deel)taken die tezamen de rijtaak vormen. Mogelijke neveneffecten die in de psychologische literatuur worden genoemd, zijn 'human-out-of-the-loop', storingen in de opbouw van situation awareness en gedragsadaptatie (zie bijvoorbeeld Hoc, 2000).

##### 4.4.2.1. Human-out-of-the-loop

De rijtaak kan worden gezien als een voortdurende cyclus van waarnemen, beslissen en handelen. De bestuurder selecteert steeds die informatie die hij voor de rijtaak nodig heeft, beoordeelt deze informatie met behulp van zijn kennis, ervaring, voorkeuren en emoties, en verricht op grond daarvan handelingen die veranderingen in de omgeving teweegbrengen. Deze veranderingen kunnen vervolgens weer worden waargenomen, waarmee de cyclus gesloten is ('closed loop'): er is sprake van een dynamische interactie tussen de mens en zijn omgeving (Michon, 1989). Als nu een deel van de rijtaak wordt overgenomen door de inzet van een ITS-toepassing (oftewel geautomatiseerd), dan kan de mens buiten de cyclus komen te staan. Dit fenomeen wordt ook wel 'human-out-of-the-loop' genoemd. De consequenties van het 'buiten de cyclus staan' zijn divers: verlies van vaardigheden, verminderde alertheid en een daaraan gerelateerd verlies van situationeel bewustzijn en het veranderen van de rijtaak van een uitvoerende naar een controlerende taak, iets waarvan bekend is dat de mens er minder goed in is (Carsten, 2000; Endsley & Kiris, 1995; Wickens & Hollands, 2000).

De negatieve consequenties van de automatisering van delen van de rijtaak zijn te voorkomen door ITS-toepassingen in te zetten als ondersteuning van de automobilist, en niet als vervanger van de automobilist (Heijer et al., 2001). Terwijl uit een studie van Endsley & Kiris (1995) blijkt dat de volledige automatisering van een taak leidt tot een verlies van situationeel bewustzijn (met name niveau 2 SA: begrip van de situatie), zou de inzet van ondersteunende Advanced Driver Assistance Systems ADAS volgens Heijer et al. (2001) het situationeel bewustzijn van de automobilist juist kunnen verbeteren, in het bijzonder doordat zij de perceptuele mogelijkheden kunnen verbeteren. Daarnaast blijven met de inzet van ondersteunende systemen de vaardigheden van de automobilist behouden, wat met name van belang is bij het falen van het systeem (Heijer et al., 2001; Janssen, 2000; zie Shebilske, Goettle & Garland [2000, p. 317] voor een theoretische onderbouwing).

##### 4.4.2.2. Gedragsadaptatie

Een tweede factor die van invloed kan zijn op de risicoreductie die met de introductie van een systeem kan worden bereikt, is de gedragsadaptatie. Het fenomeen gedragsadaptatie houdt in dat mensen zich bij sommige

verbeteringen van het systeem aanpassen door grotere risico's te nemen. De risicoreducties die met de introductie van een systeem of maatregel worden verwacht, worden door deze gedragsadaptatie niet bereikt. De term gedragsadaptatie is afkomstig van Evans (1990, geciteerd in Howarth, 1993), maar het fenomeen is ook bekend onder de termen risicocompensatie en risicohomeostase (Wilde, 1982). De beide laatste termen wekken volgens Howarth (1993) echter ten onrechte de indruk dat de adaptatie altijd betrekking heeft op het kenmerk risico, terwijl homeostase impliceert dat de adaptatie of compensatie bijna volledig is. In sommige gevallen kan de gedragsadaptatie het risico namelijk ook verlagen in plaats van verhogen. Het is vervolgens de taak van de ontwerper om die kenmerken van de situatie te identificeren die leiden tot adaptaties die het risico reduceren in plaats van verhogen.

Volgens Howarth (1993) is de kans op een risicoreductie het grootst als veiligheidsmaatregelen worden ingezet die door verkeersdeelnemers niet direct als risicoreducerend worden beschouwd, en als waarschuwingssystemen duidelijke en tijdige waarschuwingen geven over situaties en acties die daadwerkelijk risicovol zijn. Een tegengesteld scenario leidt tot risicoverhoging: het gebruik van snelheidslimieten die zo extreem voorzichtig zijn dat ze genegeerd worden, kunnen er vervolgens toe leiden dat automobilisten ook waarschuwingstekens negeren die wel degelijk op grote gevaren wijzen.

Vooralsnog is in deze paragraaf alleen gesproken over gedragsadaptatie in de zin dat de automobilist (onbewust) compenseert voor maatregelen die genomen worden om het risico te verlagen. Dit kan als gevolg hebben dat de gewenste risicoreductie (ter plaatse) niet wordt behaald. Andere vormen van gedragsadaptatie (of modificatie) die in de literatuur worden genoemd, zijn generalisatie van gedrag, delegatie van verantwoordelijkheid en diffusie van gedrag (Broughton, 1994). De eerste vorm, *generalisatie van gedrag*, houdt in dat gedrag dat in bepaalde situaties gepast is, ook wordt toegepast in situaties waarin dat niet gepast is. Infrastructurele ITS-toepassingen die ervoor zorgen dat automobilisten op bepaalde wegen langdurig en constant met een hoge snelheid kunnen rijden ('treintje-rijden'), kunnen ertoe leiden dat de - op zichzelf redelijke - snelheidslimiet op een weg zonder een dergelijke ITS-toepassing op een slakkengang lijkt. Dit zal de snelheidskeuze op deze laatstgenoemde wegen opdrijven (Janssen, 2000; Broughton, 1994).

Met *delegatie van verantwoordelijkheid* wordt bedoeld dat de automobilist zo op het systeem vertrouwt, dat hij minder oplettend wordt. In combinatie met een beperkt begrip van wat het systeem wel en niet kan, kan dit ertoe leiden dat de automobilist ook op het systeem vertrouwt in situaties waarin het systeem niet functioneert; hetzij doordat deze taak niet tot de functionaliteiten van het systeem behoort, hetzij doordat het systeem faalt. De verkeersveiligheidsconsequenties zijn duidelijk als er een situatie ontstaat waarin de verkeersomgeving om een reactie vraagt maar het systeem niet kan ingrijpen, en de automobilist niet beseft dat hij moet ingrijpen of op zijn minst niet op tijd kan reageren omdat hij niet alert genoeg is. Dat deze situaties reëel zijn is aangetoond in een simulatorstudie van Stanton & Marsden (1997; geciteerd in ETSC, 1999): meer dan de helft van de proefpersonen was niet in staat effectief in te grijpen nadat een gesimuleerd antibotssysteem faalde.

De laatste vorm van gedragsadaptatie, *diffusie van gedrag*, heeft betrekking op het kopieergedrag van automobilisten: het gedrag dat automobilisten

gaan vertonen die over een bepaald systeem beschikken (kortere volgafstanden, hogere rij snelheden), wordt gekopieerd door automobilisten die niet over dat systeem beschikken (ETSC, 1999).

Een vorm van gedragsadaptatie die bij ouderen zou kunnen ontstaan is het opheffen van compensatiegedrag. Een relevant voorbeeld betreft het gebruik van nachtzichtverbeteringssystemen. Veel ouderen compenseren voor hun nachtblindheid en gevoeligheid voor verblinding door niet meer in het donker te rijden. Dit leidt tot een relatief laag aantal ongevallen met ouderen tijdens de nachtelijke uren (Hakamies-Blomqvist, 1994a; 1994b; Aizenberg & McKenzie, 1997; Zhang et al., 1998; McGwin & Brown, 1999). Als een grootschalige introductie van nachtzichtverbeteringssystemen ertoe zou leiden dat ouderen met een dergelijk systeem weer in het donker gaan rijden, dan is dat voor hun mobiliteit en kwaliteit van leven wellicht een positieve zaak. Maar het is de vraag of de nachtzichtverbeteringssystemen een vergelijkbare risicocompensatie voor nachtblindheid bieden als de compensatie die ouderen zelf bieden door niet in het donker te rijden (Caird et al., 1998; Smiley, 2000).

Voor de ontwerper van ITS-toepassingen is gedragsadaptatie een lastig probleem, omdat het adaptieve gedrag zich niet hoeft te openbaren bij evaluaties van demo's in simulatoren of veldtesten. Het enige dat hij kan doen is de bestaande kennis over gedragsadaptatie gebruiken, zo realistisch mogelijke scenario's gebruiken, en bovenal de toepassing zo inrichten dat deze gemakkelijk kan worden aangepast als het gedrag van automobilisten daar aanleiding toe geeft (Howarth, 1993).

#### 4.4.3. *Interactie tussen verkeersdeelnemers met en zonder ITS*

Het effect van het automatiseren van delen van de rijtaak heeft niet uitsluitend betrekking op het gedrag van de bestuurder van het voertuig met ITS. Automatisering van de rijtaak kan namelijk leiden tot een voertuig dat gedrag vertoont dat in de ogen van medeweggebruikers buitenaardse trekjes heeft. En deze buitenaardse trekjes kunnen bij de medeweggebruikers leiden tot verwarring en daaruit voortvloeiende verkeersveiligheidsproblemen (Heijer et al., 2001). Deze problemen zullen zich vooral voordoen in de periode tussen geen en volledige implementatie, een periode die enkele decennia kan duren (ETSC, 1999).

Om dergelijke problemen te voorkomen, zullen de systemen die de automatisering van de rijtaak tot stand moeten brengen zo moeten worden ontworpen dat zij het verkeersgedrag van de automobilist imiteren. Het model waarop de computeralgoritmen moeten worden gebaseerd moet niet het model zijn van het brein van de individuele automobilist en zijn interactie met zijn voertuig, maar het model van de automobilist die zich in een verkeerscontext bevindt (Juhlin, 1999). Een en ander is te vergelijken met de stelling dat het strikt volgen van de formele verkeersregels niet altijd het beste is voor de verkeersveiligheid. Het is soms beter om dezelfde snelheid aan te nemen als de rest van de verkeersstroom, dan om je aan de snelheidslimiet te houden. Dergelijke (tijdelijke) afwijkingen van de formele regels, maar ook informele of anderszins ongeschreven regels die het gedrag van verkeersdeelnemers (inclusief hun interactie) bepalen, zullen ook het 'gedrag' van ITS-toepassingen moeten bepalen. Voordat ITS-toepassingen op die wijze kunnen worden geïnstrueerd, zal echter eerst meer inzicht nodig zijn in het gedrag van de verkeersdeelnemer, en de wijze



waarop hij met zijn medeweggebruikers omgaat. Beantwoording van de vragen die in § 3.1.2.5 zijn opgeworpen zou een eerste stap kunnen zijn in het verkrijgen van dat inzicht. Deze vragen betreffen de communicatietechnieken die verkeersdeelnemers hanteren: 'Zijn er leeftijdgerelateerde verschillen in communicatietechnieken?'; 'Houden ouderen andere spelregels aan dan jongere verkeersdeelnemers?'; 'Nemen ouderen bijvoorbeeld eerder voorrang of zijn ze juist geneigd om het bij twijfel te verlenen?'

#### 4.5. Effectieve ondersteuningssystemen en hun kenmerken

Het is nog te vroeg om uitspraken te doen over systemen die veelbelovend lijken te zijn voor de ondersteuning van één of meer zwakke punten van de oudere mens, in het bijzonder die zwakke punten waarvan in § 3.2 is geconcludeerd dat deze in het bijzonder van belang zijn voor de verkeersveiligheid. Hoewel er systemen bestaan die lijken aan te sluiten bij de bovengenoemde zwakke punten van de mens, zijn vele nog in ontwikkeling, en is - zeker voor de systemen die relevant zijn voor de ondersteuning van de zwakke punten van de oudere mens – nog te weinig onderzoek gedaan naar de gedragseffecten.

Op basis van de evaluatie van systemen in § 4.2, kan wel een aantal voorlopige conclusies worden getrokken. Zo lijken botswaarschuwingssystemen voor conflicten op kruispunten een nuttige ondersteuning te bieden, mits afstelling op de reactietijd van de bestuurder mogelijk is. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat de verkeersveiligheidseffecten van botswaarschuwingssystemen die attenderen op naderend verkeer waarschijnlijk groter zullen zijn dan die van systemen die uitsluitend advies geven over voldoende grote hiaten in de kruisende verkeersstroom om te kunnen invoegen. Deze laatste systemen laten het over aan de automobilist om de kruisende voertuigen op te merken, en de daaruit voortvloeiende noodzaak om te stoppen. Systemen voor geautomatiseerd invoegen op autosnelwegen blijken in het geheel nog niet beschikbaar te zijn.

Systemen die hulp bieden bij het inparkeren zijn weliswaar minder relevant vanuit het oogpunt van de verkeersveiligheid dan de andere besproken systemen, maar worden door ouderen zeer nuttig bevonden en ouderen zijn ook bereid te betalen voor de aanschaf van dergelijke systemen.

Systemen die de aandacht kunnen helpen richten op verkeersgerelateerde omgevingsinformatie zoals verkeersborden en verkeerslichten, zijn systemen die borden en waarschuwingstekens in het voertuig projecteren, de zogenoemde ISIS (in-vehicle sign informatiesystemen). Op grond van de beperkte informatie die over de gedragseffecten van deze systemen beschikbaar is, lijkt voorzichtigheid geboden bij de introductie van ISIS. De positie van het in-vehicle display en de wijze waarop de informatie wordt aangeboden, bepalen in belangrijke mate of de verkeersveiligheidseffecten van ISIS positief of negatief zullen zijn. Systemen die in reactie op de aanwezigheid van verkeerslichten, voorrangsborden en/of waarschuwingborden de snelheid van het voertuig aanpassen, zijn nog niet beschikbaar.

Het laatste systeem dat in § 4.2 is geëvalueerd, een informatiesysteem dat de bestuurder helpt om veeleisende verkeerssituaties veilig te passeren, is speciaal ontwikkeld als ondersteuning voor oudere automobilisten

(Entenmann & Küting, 2000). De formule om de automobilist vroegtijdig en sequentieel informatie aan te bieden zodat hij kan anticiperen op wat komen gaat, lijkt veelbelovend. Helaas zijn echter de naar buiten gebrachte testresultaten te summier om een indicatie te kunnen geven van de gedragseffecten en de acceptatie van dit bestuurdersinformatiesysteem.

Op grond van het bovenstaande kunnen we concluderen dat er nog veel te onderzoeken valt ten aanzien van ITS-toepassingen die gericht zijn op een verbetering van de veiligheid van de oudere automobilist. Allereerst zullen initiatieven zoals die van Entenmann & Küting (2000) opvolging moeten krijgen om te komen tot een situatie waarin meer ITS-toepassingen worden ontwikkeld die gericht zijn op de specifieke veiligheidsbehoeften van oudere automobilisten. Daarnaast zouden bestaande ITS-toepassingen moeten worden getest door zowel jonge als oudere automobilisten. Oudere automobilisten hebben aanzienlijk meer problemen met het uitvoeren van telematicataken, waardoor het van essentieel belang is dat evaluaties van de veiligheid en bruikbaarheid van systemen uitgaan van de oudere automobilist. Als oudere automobilisten in staat zijn een taak veilig en zonder veel moeite uit te voeren, dan zullen andere automobilisten dat ook kunnen, aldus Green (2001b).

## 5. Optimale samenwerking tussen mens en machine: conclusies en aanbevelingen

### 5.1. Conclusies ten aanzien van de behoefte aan ondersteuning

Vanuit verkeersveiligheidsoogpunt kunnen we concluderen dat de grootste behoefte aan ondersteuning van oudere automobilisten voortkomt uit de volgende verkeersproblemen (en de zwakke punten van de oudere mens die daar debet aan zijn):

- moeite om te beoordelen of medeweggebruikers in beweging zijn en hoe snel zij een kruispunt naderen (waarnemen van beweging);
- over het hoofd zien van medeweggebruikers bij invoegen en rijstrookwisselingen (perifere visus en flexibiliteit van nek en romp);
- over het hoofd zien van verkeersborden en verkeerslichten (selectieve aandacht);
- sterke toename van de reactietijd naarmate de verkeerssituatie complexer wordt, met suboptimale beslissingen als gevolg (snelheid van informatieverwerking en besluitvorming, prestatie onder tijdsdruk).

Voor de 'gemiddelde' mens komen daar nog de problemen als gevolg van overtredingen van snelheidslimiet en alcohol- en drugsgebruik bij.

Op grond van deze verkeersproblemen en de onderliggende zwakke punten van de oudere mens, kan de objectieve behoefte aan ondersteuning worden geboden door systemen die een of meer van de volgende functies bieden:

- a. attenderen op naderend verkeer;
- b. objecten (helpen) signaleren die zich in de dode hoek bevinden;
- c. hulp bieden bij het richten van de aandacht op relevante informatie; of
- d. voorkennis verstrekken over de naderende verkeerssituatie.

Door het uitgangspunt van *verkeersveiligheid* van de (oudere) automobilist, zijn drie systemen voor ondersteuning van de rijtaak nauwelijks aan bod gekomen, terwijl die in de literatuur over ouderen en ITS veelvuldig worden genoemd. Dit zijn nachtzichtverbeteringssystemen, navigatiesystemen en mayday-systemen die bij pech, een ongeval of een andere noodsituatie automatisch de locatie van een voertuig doorgeven. Deze systemen kunnen de mobiliteit van ouderen bevorderen, en mayday-systemen kunnen daarnaast ook leiden tot een reductie van de letselernst. Het is echter de vraag wat de verkeersveiligheidsconsequenties van deze systemen zouden zijn. Zo zou een grootschalige introductie van nachtzichtverbeteringssystemen ertoe kunnen leiden dat ouderen weer veel vaker in het donker gaan rijden dan ze nu zonder zo'n systeem doen. Voor hun mobiliteit en kwaliteit van leven is dat wellicht een positieve zaak, maar het is de vraag of hun veiligheid daarmee evenveel gediend is als met hun compensatiegedrag om niet of zo weinig mogelijk in het donker te rijden.

### 5.2. Conclusies ten aanzien van effectieve ondersteuningssystemen en hun kenmerken

Het is nog te vroeg om uitspraken te doen over systemen die veelbelovend lijken te zijn voor de ondersteuning van één of meer zwakke punten van de oudere mens, in het bijzonder die zwakke punten waarvan is geconcludeerd dat deze in het bijzonder van belang zijn voor de verkeersveiligheid. Er zijn

enkele systemen geïdentificeerd die aan lijken te sluiten bij de bovengenoemde zwakke punten van de mens. Dit betreft 1) botswaarschuwingssystemen voor kruispunten, 2) systemen voor automatisch invoegen en wisselen van rijbaan, 3) parkeerhulpsystemen, 4) systemen die borden en waarschuwingstekens in het voertuig projecteren, 5) intelligente cruise control, en 6) een systeem dat ondersteunende informatie verstrekt bij het naderen van complexe kruispunten. Veel van deze systemen zijn echter nog in ontwikkeling en er is nog te weinig onderzoek gedaan naar de gedragseffecten hiervan. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat er over de acceptatie en gedragseffecten nog onvoldoende bekend is om te kunnen stellen dat de systemen, als ze op de markt komen, ook daadwerkelijk gebruikt zullen worden, en vervolgens daadwerkelijk tot positieve gedragseffecten zullen leiden.

Op grond van het bovenstaande, kunnen we concluderen dat er nog veel te onderzoeken valt ten aanzien van ITS-toepassingen die de meeste potentie hebben om de verkeersveiligheid van oudere automobilisten te vergroten. Allereerst zullen initiatieven zoals die van Entenmann & Küting (2000) opvolging moeten krijgen, zodat meer ITS-toepassingen worden ontwikkeld die gericht zijn op de specifieke veiligheidsbehoeften van oudere automobilisten. Daarnaast zouden reeds ontwikkelde ITS-toepassingen moeten worden getest door zowel jonge als oudere automobilisten. Oudere automobilisten hebben aanzienlijk meer problemen met het uitvoeren van telematicataken, waardoor het van essentieel belang is dat evaluaties van de veiligheid en bruikbaarheid van systemen uitgaan van de oudere automobilist. Als oudere automobilisten in staat zijn een taak veilig en zonder veel moeite uit te voeren, dan zullen andere automobilisten dat ook kunnen, aldus Green (2001b).

### 5.3. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Uit het voorgaande is gebleken dat vervolgonderzoek de eerste stap is naar meer inzicht in de mogelijkheden die ITS-toepassingen kunnen bieden voor verbetering van de verkeersveiligheid van oudere automobilisten. Dit onderzoek zal in de eerste plaats moeten leiden tot de ontwikkeling van ITS-toepassingen die gericht zijn op de specifieke behoeften van oudere automobilisten. Want er zijn nou eenmaal eerst bestaande systemen of prototypen nodig om te kunnen testen of deze ITS-toepassingen inderdaad in staat zijn om de benodigde ondersteuning te kunnen geven, en als dat zo is, of ze ook daadwerkelijk gebruikt worden, en als dat zo is, of ze geen negatieve neveneffecten met zich meebrengen. Daarnaast zouden bestaande (en toekomstige) ITS-toepassingen niet alleen moeten worden getest door jongeren, maar ook door ouderen.

Verder is bij de totstandkoming van dit rapport gebleken dat er nog onvoldoende kennis voorhanden is over de gevolgen van de inzet van ITS op de interactie tussen verkeersdeelnemers met en verkeersdeelnemers zonder ITS. Een uitstapje naar de, binnen het verkeersveiligheidsonderzoek relatief ongebruikelijke, speltheorie leverde interessante vragen op over de communicatietechnieken die verkeersdeelnemers hanteren: 'Zijn er leeftijd-gerelateerde verschillen in communicatietechnieken?'; 'Houden ouderen andere spelregels aan dan jongere verkeersdeelnemers?'; 'Nemen ouderen bijvoorbeeld eerder voorrang of zijn ze juist geneigd om het bij twijfel te verlenen?'. Het beantwoorden van deze vragen zal een eerste stap kunnen

zijn in het krijgen van meer inzicht in de gevolgen van ITS voor de interactie tussen verkeersdeelnemers.

## Literatuur

Aizenberg, R. & McKenzie, D.M. (1997). *Teen and senior drivers*. CAL-DMV-RSS-97-168. California Department of Motor Vehicles CAL-DMV, Sacramento, CA.

Arnold, K. & Lang, E. (1995). *Altern und Leistung im Straßenverkehr*. In: *Altere Menschen im Straßenverkehr*, Symposium Verkehrsmedizin des ADAC, 1994, Baden-Baden, Germany, p. 48-58.

Asmussen, E. & Kranenburg, A. (1985). *Dynamische systeembenadering van de verkeersonveiligheid; het fasemodel van het vervoer- en verkeers(onveiligheids)proces*. R-85-57. SWOV, Leidschendam.

Bax, C. (ed.) Kärki, O., Evers, C., Bernhoft, I.M. & Mathijssen, R. (2001). *Alcohol Interlock Implementation in the European Union; Feasibility study. Final report of the European research project*. D-2001-20. SWOV, Leidschendam.

Bolstad, C.A. & Hess, T.M. (2000). *Situation Awareness and Aging*. In: Endsley, M.R. & Garland, D.J. (eds.), *Situation Awareness and measurement*, p. 277-302. Erlbaum, Mahwah N.J.

Broughton, J. (1994). *Assessing the safety of new driver support systems*. In: ERTICO (Ed.) 'Towards an intelligent transport system': Proceedings of the first world congress on applications of transport telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems IVHS, Palais de Congrès de Paris, France, 30 November - 3 December 1994, Volume 4, p. 2141-2148. Artech House, Boston/London.

Brouwer, W.H. (1989). *Bejaarden in het verkeer*. In: Van Knippenberg, C.W.F., Rothengatter, J.A., & Michon, J.A. (red.), *Handboek sociale verkeerskunde*, p. 207-231. Van Gorcum, Assen/Maastricht.

Brouwer, W.H., Waterink, W., Wolffelaar, P.C. van & Rothengatter, T. (1991). *Divided attention in experienced young and older drivers: lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator*. In: *Human Factors* (33)5, p. 573-582.

Brouwer, W.H. & Davidse, R.J. (2002). *Oudere verkeersdeelnemers*. In: J.J.F. Schroots (red.), *Handboek psychologie van de volwassen ontwikkeling en veroudering*, p. 505-531. Koninklijke Van Gorcum BV, Assen.

Brouwer, W.H. & Ponds, R.W.H.M. (1994). *Driving competence in older persons*. In: *Disability and Rehabilitation* 16(3), p. 149-161.

Brouwer, W.H., Rothengatter, J.A. & Wolffelaar, P.C. van. (1988). *Compensatory potential in elderly drivers*. In: Rothengatter, J.A. & Bruin, R.A. de (eds.), *Road user behaviour; Theory and research*, p. 296-301. Van Gorcum, Assen/Maastricht.

Brouwer, W.H., Rothengatter, T. & Wolffelaar, P.C. van (1992). *Older drivers and road traffic informatics*. In: Bouma & Graafmans (eds.), *Gerontechnology*, p. 317-328. IOS Press, Amsterdam.

Caird, J.K., Chugh, J.S., Wilcox, S. & Dewar, R.E. (1998). *A design guideline and evaluation framework to determine the relative safety of in-vehicle intelligent transportation systems for older drivers*. TP 13349(E). Transport Canada, Transportation Development Centre TDC, Montreal, Quebec.

Carsten, O. (2000). *New Technologies and behavior- problem or cure?* In: Holst, H. von, Nygren, A., & Andersson, A.E. (eds.), *Transportation, traffic safety and health : human behavior*; Proceedings of the fourth international Conference, Tokyo, Japan, p. 87-106. Springer Verlag, Berlijn.

Coeckelbergh, T.R.M. (2002). *Effect of compensatory viewing strategies on practical fitness to drive in subjects with visual field defects caused by ocular pathology*. University of Groningen, Groningen.

Davidse, R.J. (2000). *Ouderen achter het stuur: Identificatie van aandachtspunten voor onderzoek*. D-2000-5. SWOV, Leidschendam.

Dietz, F.J. (red.), Heijman, W.J.M. & Kroese, E.P. (1990). *Leerboek algemene economie: Micro-economie*. Stenfert Kroese Uitgevers, Leiden.

Dingus, T.A., Hulse, M., Jahns, S., Alves-Foss, J., Confer, S., Rice, A., Roberts, I., Hanowski, R. & Sorensen, D. (1996). *Development of human factors guidelines for Advanced Traveler Information Systems and Commercial Vehicle Operations: Literature review*. FHWA-RD-95-153. Federal Highway Administration, McLean, VA.

Dingus, T.A., Jahns, S.K., Horowitz, A.D. & Knipling, R. (1998). *Human Factors design issues for crash avoidance systems*. In: Barfield, W. & Dingus, T.A. (eds.), *Human Factors in Intelligent Transportation Systems*, p. 55-93. Human Factors in Transportation Series. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.

Doel, J. van den & Velthoven, B.C.J. van (1990). *Democratie en welvaartstheorie*. Samson H.D. Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn.

Eby, D.W. (1999). *Older drivers and advanced traveler information systems*. In: *UMTRI Research Review* (30)3.

Embrey, D. (1994). *Guidelines for preventing human error in process safety*. American Institute of Chemical Engineers, Center for Chemical Process Safety, New York, NY.

Endsley, M.R. (2000). *Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review*. In: Endsley, M.R. & Garland, D.J. (eds.), *Situation awareness analysis and measurement*, p. 3-32. Lawrence Erlbaum Associates LEA, Mahwah, NJ.

Endsley, M.R. & Garland, D.J. (eds.) (2000). *Situation awareness analysis and measurement*. Lawrence Erlbaum Associates LEA, Mahwah, NJ.

Endsley, M.R. & Kiris, E.O. (1995). *The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation*. In: Human Factors 37(2), p. 381-394.

Entenmann, V. & Küting, H.J. (2000). *Safety deficiencies of elderly drivers and options provided by additional digital map content*. In: From vision to reality: Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Transport Systems, 6-9 November 2000, Turin, Italy. ITS Congress association, Brussel.

Entenmann, V., Hummelsheim, K., Sabel, H., Bendafi, H., Williams, H., Loewenau, J., Marquet, J. & Lilli, F. (2001). *Overall technical and economical assessment*. NextMAP deliverable D5.2. Brussel.  
([http://www.ertico.com/activiti/projects/Doc\\_Library/Nextmap/2\\_D52p.zip](http://www.ertico.com/activiti/projects/Doc_Library/Nextmap/2_D52p.zip))

ETSC (1999). *Intelligent Transportation Systems and road safety*. European Transport Safety Council ETSC, Brussel.

Färber, B. & Färber, B. (2003). *Auswirkungen neuer Informations-technologien auf das Fahrerverhalten*. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit (Heft M149).

Fuller, R. (2000). *The task-capability interface model of the driving process*. In: Recherche Transports Sécurité 66, p. 47-59.

Fuller, R. (2001). *From theory to practice: implications of the task-capability interface model for driver training*. In: Grayson, G.B. (ed.), Behavioural Research in Road Safety X: Proceedings of the 10th seminar on behavioural research in road safety, 3-5 April 2000, Esher, Surrey, p. 126-136. Department of the Environment, Transport and the Regions DETR, London.

Gardner-Bonneau, D. & Gosbee, J. (1997). *Health care and rehabilitation*. In: Fisk, A.D. & Rogers, W.A. (eds.), Handbook of human factors and the older adult, p. 231-255. Academic Press Inc., San Diego.

Granda, T.M., Moyer, M.J., Hanowski, R. & J., & Kantowitz, B.H. (1997). *Older drivers ATIS guidelines*. In: Proceedings of the American Society of Civil Engineers; Traffic congestion and traffic safety of the 21<sup>st</sup> Century: Challenges, innovations and opportunities, p. 347-353. American Society of Civil Engineers, New York.

Green, P. (2001a). *Synopsis of driver interface standards and guidelines for telematics as of mid-2001*. Technical Report UMTRI-2001-23. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI.

Green, P. (2001b). *Variations in task performance between younger and older drivers: UMTRI research on telematics*. In: Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM) Conference on Aging and Driving, 19-20 February 2001, Southfield, Michigan.

Groot, H.A.M. (ed.) (1999). *Impaired vision and accident risks*. Commission Internationale des Examens de Conduite Automobile CIECA, Brussel.

Haberberg, A. (2000). *Swatting SWOT*. In: Strategy Magazine, September 2000.



Hakamies-Blomqvist, L. (1993). *Fatal accidents of older drivers*. In: Accident Analysis and Prevention 25(1), p. 19-27.

Hakamies-Blomqvist, L. (1994a). *Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents*. In: Accident Analysis and Prevention 26(1), p. 107-112.

Hakamies-Blomqvist, L. (1994b). *Aging and fatal accidents in male and female drivers*. In: Journal of Gerontology 49(6), S286-S290.

Hale, A.R., Stoop, J. & Hommels, J. (1990). *Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transport systems*. In: Ergonomics 33(10/11), p. 1377-1387.

Heijer, T. (1997). *Safety effects of in-car telematics: a checklist*. R-97-43. SWOV, Leidschendam.

Heijer, T., Oei, H.-L., Wiethoff, M., Boverie, S., Penttinen, M., Schirokof, A., Kulmala, R., Heinrich, J., Ernst, A.C., Sneek, N., Heeren, H., Stevens, A., Heinrich, J., Damiani, S. & Bekiaris, A. (2001). *Action for Advanced Drivers Assistance and Vehicle Control System Implementation, Standardisation, Optimum Use of the Road Network and Safety ADVISORS Deliverable D1/2.1 v1 : Problem identification, user needs and inventory of ADAS (Advanced Driver Assistance Systems): Final report*. Contract No. DGTREN GRD1 2000-10047. Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy and Transport, Brussel.

Heijer, T. & Wiersma, J.W.F. (2001). *A model for resolving traffic situations based upon a scenario approach*. In: ITS - Transforming the future. Proceedings of the 8th World Congress on Intelligent Transport Systems ITS, 30 September – 4 October, Sydney.

Hendy, K.C., East, K.P., & Farrell, P.S.E. (2001). *An information-processing model of operator stress and performance*. In: Hancock, P.A. & Desmond, P.A. (eds.), Stress, workload and fatigue, p. 34-80. Human Factors in Transportation Series. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah.

Hick, W.E. (1952). *On the rate of gain of information*. In: Quarterly Journal of Experimental Psychology 4, p. 11-26.

Hoc, J.M. (2000). *From human-machine interaction to human-machine cooperation*. In: Ergonomics 43(7), p. 833-843.

Hoetink, A.E. (2003). *Advanced Cruise Control en verkeersveiligheid; Een literatuurstudie*. R-2003-24. SWOV, Leidschendam.

Holland, C.A. (2001). *Older Drivers: A Literature Review*. Department for Transport, Local Government and the Regions, London.

Hommels, J.G.M. & Hale, A.R. (1989). *Modellen voor het voorspellen en beheersen van verkeersgedrag*. Vakgroep Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft, Delft.

Howard, J.H. & Howard, D.V. (1997). *Learning and memory*. In: Fisk, A.D. & Rogers, W.A. (eds.), *Handbook of human factors and the older adult*, p. 7-26. Academic Press, San Diego (CA).

Howarth, I. (1993). *Effective design: ensuring human factors in design procedures*. In: *Driving future vehicles*, p. 311-320. Taylor & Francis, London.

Janssen, W. (2000). *Gedrag en veiligheid in geautomatiseerde voertuigen*. In: Steyvers, F.J.J.M. (red.) *Gedrag en verkeersveiligheid bij telematicatoepassingen*; Symposiumbundel wetenschappelijke dag van 'Gedrag en Verkeer', contactgroep voor Onderzoek en Beleid, Soesterberg, 24 maart 1999, p. 21-29. Shaker, Maastricht.

Japanese Ministry of Construction (2000). *ITS Handbook Japan 2000-2001*. Ministry of Construction, Tokyo.

Japanese Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2002). *ITS Handbook Japan 2002-2003*. Road Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Tokyo.

Juhlin, O. (1999). *Traffic behaviour as social interaction - Implications for the design of artificial drivers*. In: *ITS: smarter, smoother, safer, sooner* : Proceedings of 6th World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS), 8-12 November, 1999, Toronto, Canada. ITS America, Washington, D.C.

Klein, R. (1991). *Age-related eye disease, visual impairment, and driving in the elderly*. In: *Human Factors* 33(5), p. 521-525.

Kline, D.W. & Scialfa, C.T. (1997). *Sensory and perceptual functioning: Basic research and human factors implications*. In: Fisk, A.D. & Rogers, W.A., *Handbook of human factors and the older adult*, p. 27-54. Academic Press, San Diego, CA.

Kobayashi, H., Yuasa, M., Okamoto, K. & Horii, H. (2002). *Research and development of merging support services*. In: *Proceedings of the 9th World Congress on Intelligent Transport Systems ITS*, 14-17 October 2002, Chicago, Illinois. ITS America, Washington D.C.

Langford, J. & Mitchell, K. (2003). *Older person's response to in-vehicle ITS*. In: *Proceedings of the OECD/MIT symposium on human factors of transport technology for older persons*, 23-25 September 2003, Cambridge, Massachusetts

Lee, J.D. (1997). *A functional description of ATIS/CVO Systems to accommodate driver needs and limits*. In: Noy, Y.I. (ed.) *Ergonomics and safety of Intelligent Driver Interfaces*, p. 63-84. Human Factors in Transportation Series. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.

Luoma, J. & Rämä, P. (2002). *Acceptance of traffic sign information provided by an in-vehicle terminal*. In: *Proceedings of the 9th World Congress on Intelligent Transport Systems ITS*, 14-17 October 2002 Chicago, Illinois. ITS America, Washington D.C.

Malaterre, G. & Fontaine, H. (1993). *Drivers safety needs and RTI systems*. In: Parkes, A.M. & Franzen, S. (eds.), *Driving future vehicles*. p. 157-169 Taylor & Francis, London.

Matthews, M.L., Bryant, D.J. & Webb, R.D.G. (1999). *Situation awareness and driving: literature review and analysis*. Transport Canada, Montreal, Quebec.

Matthews, M.L., Bryant, D.J., Webb, R.D.G. & Harbluk, J.L. (2001). *Model for situation awareness and driving: application to analysis and research for intelligent transportation systems*. In: *Transportation Research Record 1779*, p. 26-32.

Maycock, G. (1997). *The safety of older car-drivers in the European Union*. European Road Safety Federation ERSF / Automobile Association AA Foundation for Road Safety Research, Brussels / Basingstoke, Hampshire.

McDowd, J.M. & Craik, F.I.M. (1988). *Effects of aging and task difficulty on divided attention performance*. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 14(2), p. 267-280.

McGwin Jr., G. & Brown, D.B. (1999). *Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers*. In: *Accident Analysis & Prevention* 31(3), p. 181-198.

Michon, J.A. (1971). *Psychonomie onderweg*. Wolters-Noordhoff, Groningen.

Michon, J.A. (1985). *A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do?* In: Evans, L. & Schwing R.C. (eds.), *Human behavior and traffic safety*, p. 485-524. Plenum Press, New York.

Michon, J.A. (1989). *Modellen van bestuurdersgedrag*. In: Knippenberg, C.W.F. van, Rothengatter, J.A., & Michon, J.A. (red.), *Handboek sociale verkeerskunde*, p. 207-231. Van Gorcum, Assen/Maastricht.

Miller, G. (1956). *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. In: *Psychological Review*, 63, p. 81-97.

Mitchell, C.G.B. & Suen, S.L. (1997). *ITS impact on elderly drivers*. In: *Proceedings of the 13th International Road Federation IRF World Meeting*, Toronto, Ontario, Canada, 16-20 June, 1997.

Nilsson, L., Harms, L. & Peters, B. (2001). *The effect of road transport telematics*. In: Barjonet, P-E. (ed.), *Traffic psychology today*, p. 265-285. Kluwer Academic Publishers, Boston.

OECD (1985). *Traffic safety of elderly road users*. Organisation for Economic Cooperation and Development OECD, Paris.

OECD (2003). *Road Safety: Impact of New Technologies*. Organisation for Economic Cooperation and Development OECD, Paris.

- Oei, H.L. (2001). *Veiligheidsconsequenties van Intelligente Snelheidsadaptatie ISA; Mogelijke effecten op de verkeersveiligheid bij algehele invoering van ISA in Nederland*. R-2001-11. SWOV, Leidschendam.
- Olson, P.L. & Sivak, M. (1986). *Perception-response time to unexpected roadway hazards*. In: *Human Factors* 28(1), p. 96-99.
- Olson, P.L. (1993). *Vision and perception*. In: Peacock, B. & Karwowski, W. (eds.), *Automotive ergonomics*, p. 161-183. Taylor & Francis, London.
- Oxley, P.R. (1996). *Elderly drivers and safety when using IT systems*. In: *IATSS Research* 20(1), p. 102-110.
- Oxley, P.R. & Mitchell, C.G.B. (1995). *Final report on elderly and disabled drivers information telematics. Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe DRIVE II Project V2031 Elderly and Disabled Drivers Information Telematics EDDIT, Deliverable type P. R & D Programme Telematics System in the Area of Transport (DRIVE II)*, Commission of the European Communities CEC, Directorate General XIII Telecommunications, Information Industries and Innovation, Brussels.
- Oye, K.A. (1985). *Explaining cooperation under anarchy: Hypotheses and strategies*. In: *World Politics* 38(1), p. 1-25.
- Panek, P.E., Barret, G.V., Sterns, H.L. & Alexander, R.A. (1977). *A review of age changes in perceptual information processing ability with regard to driving*. In: *Experimental Ageing Research* (3)6, p. 387-449.
- Pauzié, A. (2002). *In-vehicle communication systems: the safety aspect*. In: *Injury prevention* 8 (Suppl IV), iv26-iv29.
- Perel, M. (1998). *Helping older drivers benefit from in-vehicle technologies*. In: *Proceedings of the Sixteenth International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles ESV, Volume 1, Windsor, Ontario, Canada, 31 May – 4 June 1998*, p. 438-444. Department of Transportation DOT/ National Highway Traffic Safety Administration NHTSA, Washington D.C.
- Piechulla, W., Mayser, C., Gehrke, H. & König, W. (2003). *Reducing drivers' mental workload by means of an adaptive man-machine interface*. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 6(4), p. 233-248.
- Quillen, D.A. (1999). *Common causes of vision loss in elderly patients*. In: *American Family Physician*, July 1999, p. 99-108.
- Quilter, R.E., Giambra, L.M. & Benson, P.E. (1983). *Longitudinal age change in vigilance over an 18-year interval*. In: *Journal of Gerontology*, 38, p. 51-54.
- Quimby, A.R. & Watts, G.R. (1981). *Human factors and driving performance*. Transport Research Laboratory Report LR 1004. TRL, Crowthorne, Berkshire, England.

- Rabbitt, P.M.A. (1979). *How old and young subjects monitor and control responses for accuracy and speed*. In: British Journal of Psychology 70, p. 305-311.
- Ranney, T.A. & Pulling, N.H. (1990). *Relation of individual differences in information processing ability to driving performance*. In: Proceedings of the Human Factors Society 33rd annual meeting, p. 965-969. Human Factors Society, Santa Monica.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction*. North-Holland, New York.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Regan, M., Oxley, J., Godley, S. & Tingvall, C. (2001). *Intelligent Transport Systems: Safety and Human Factors issues*. Report No. 01/01. Royal Automobile Club of Victoria (RACV) Ltd., Noble Park, Victoria.
- Roskam, A.J., Wiersma, J.W.F. & Wouters, P.I.J. (2001). *Interactie van verkeersdeelnemers; Fase 1: Ontwikkeling van een methodiek om 'Situation Awareness' in het verkeer te bepalen*. R-2001-32. SWOV, Leidschendam.
- Salthouse, T.A. & Somberg, B.L. (1982). *Isolating the age deficit in speeded performance*. In: Journal of Gerontology 37, p. 59-63.
- Sanders, M.S. & McCormick, E.J. (1987). *Human factors in engineering and design*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Schatz, H.F. (2000). *Verslaglegging van de SWOT-analyse ten behoeve van het onderzoek door de SWOV naar de mogelijkheden van ondersteuning door telematica van gemotoriseerde verkeersdeelnemers*. [Niet openbaar]
- Shaheen, S.A. & Niemeier, D.A. (2001). *Integrating vehicle design and human factors: minimizing elderly driving constraints*. In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies 9(3), p. 155-174.
- Shebilske, W.L., Goettl, B.P., & Garland, D.J. (2000). *Situation awareness, automaticity, and training*. In: Endsley, M.R. and Garland, D.J. (eds.), *Situation awareness analysis and measurement*, p. 303-323. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Shinar, D. & Schieber, F. (1991). *Visual requirements for safety and mobility of older drivers*. In: Human Factors 33(5), p. 507-519.
- Sivak, M., Campbell, K.L., Schneider, L.W., Sprague, J.K., Streff, F.M. & Waller, P.F. (1995). *The safety and mobility of older drivers: what we know and promising research issues*. In: UMTRI Research Review 26(1), p. 1-21.
- Smiley, A. (2000). *Behavioral adaptation, safety, and Intelligent Transportation Systems*. In: Transportation Research Record 1724, p. 47-51.
- Stamatiadis, N (1998). *ITS and human factors for the older driver: the U.S. experience*. In: Transportation Quarterly 52(3), p. 91-101.

- Stelmach, G.E. & Nahom, A. (1992). *Cognitive-motor abilities of the elderly driver*. In: Human Factors (34) 1, p. 53-65.
- Stevens, A., Quimby, A., Board, A., Kersloot, T. & Burns, P. (2002). *Design guidelines for safety of in-vehicle information systems*. Prepared for the Department for Transport, Local Government and the Regions DTLR, TTT Division. Project Report PA3721/01. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
- Treat, J.R., Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., Mayer, R.E., Stansifer, R.L. & Catellan, N.J. (1977). *Tri-level study of the causes of traffic accidents: Final report Volume I: Causal factor tabulations and assessments*. DOT Publication No. DOT-HS-034-3-535. Institute for Research in Public Safety, Indiana University.
- Viborg, N. (1999). *Older and younger driver's attitudes toward in-car ITS; A questionnaire survey*. Department of Technology and Society, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.
- Vonk, T., Arem, B. van & Hoedemaeker, M. (2002). *Cooperative driving in an intelligent vehicle environment (co-drive)*. In: Proceedings of the 9th World Congress on Intelligent Transport Systems ITS, Chicago, Illinois, October 14-17 2002. ITS America, Washington D.C.
- Waard, D. de, Hulst, M. van der & Brookhuis, K.A. (1999). *Elderly and young drivers' reaction to an in-car enforcement and tutoring system*. In: Applied Ergonomics 30(2), p. 147-158.
- Wheatley, D.J. & Hurwitz, J.B. (2001). *The use of a multi-modal interface to integrate in-vehicle information presentation*. In: Proceedings of the first international driving symposium on human factors in driver assessment, training and vehicle design held in Aspen, Colorado, 14-17 August 2001, p. 93-97. University of Iowa, Iowa City.
- Wickens, C.D. (2001). *Workload and situation awareness*. In: Hancock, P.A. and Desmond, P.A. (eds.), Stress, workload and fatigue, p. 443-450. Human Factors in Transportation Series. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Wickens, C.D. & Hollands, J.G. (2000). *Engineering psychology and human performance*. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Wilde, G.J.S. (1982). *The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health*. In: Risk Analysis 2, p. 209-225.
- Winsum, W. van (1996). *From adaptive control to adaptive driver behaviour; Thesis*. Traffic Research Centre VSC, University of Groningen, Haren.
- Winter, D.J. (1985). *Learning and motivational characteristics of older people pertaining to traffic safety*. In: Proceedings of the Older Driver Colloquium. AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, D.C., p. 77-86.

Wolffelaar, P.C. van, Rothengatter, J.A. & Brouwer, W.H. (1989). *Neuropsychologische functie-afname, compensatiestrategieën en rijgeschiktheid van bejaarde automobilisten*. In: Schroots, J.J.F. et al. (red.), *Gezond zijn is ouder worden*, p. 287-293. Van Gorcum, Assen.

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 people*. In: *Public Health* 112(5), p. 289-295.

Zuckerman, M. (1994). *Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking*. Cambridge University Press, Cambridge.





## Bijlage

## Tabel naar Malaterre & Fontaine (1993)

Nr.	Benodigde informatie en ondersteuning	Percentage van totaal aantal ongevallen dat hierdoor kan worden voorkomen	Dit percentage is een onderschatting van het percentage ongevallen met ouderen dat hiermee voorkomen kan worden
<i>Beoordelen van conditie</i>			
1	Conditie van de bestuurder (mbt vermoeidheid, alcoholgebruik of drugsgebruik)	8,4 %	
2	Conditie van het voertuig (tav mankementen)	1,1 %	
<i>Tijdige detectie</i>			
3	Tijdige kennis van naderende lastige verkeerssituatie	5,0 %	
4	Obstakeldetectie	4,4 %	
5	Tijdige kennis over tegemoetkomende voertuigen waarop het zicht wordt belemmerd	7,1 %	
6	Tijdige kennis over naderend kruisend verkeer	19,1 %	OU
7	Informatie over voertuigen die zich in de dode hoek bevinden	4,0 %	OU
8	Detectie van voetgangers	5,8 %	OU
<i>Schatten van tijd en snelheid</i>			
9	Inschatten van de veilige snelheid ter plaatse	3,7 %	
10	Inschatting van de snelheid van de voorligger(s)	3,9 %	
11	Inschatten van de botskoers met kruisend verkeer	0,9 %	OU
12	Inschatten van een veilige ruimte tussen voertuigen om in te kunnen halen of van rijstrook te kunnen veranderen	0,6 %	OU
13	Inschatten van een veilige ruimte tussen voertuigen om in te voegen in een verkeersstroom of om deze te kunnen kruisen	0,6 %	OU
<i>Gedrag van medeweggebruikers voorspellen</i>			
14	Voorspellen van het gedrag van medeweggebruikers in voorrangssituaties	4,7 %	
15	Voorspellen van de voorgenomen manoeuvres van medeweggebruikers	7,3 %	
16	Voorspellen van het gedrag van voetgangers	1,9 %	
<i>Voldoende voertuigbeheersing om manoeuvres correct uit te voeren</i>			
17	Voertuigbeheersing	1,8 %	

Tabel A. *Behoeftte aan informatie en ondersteuning en het percentage ongevallen dat kan worden voorkomen als in deze behoefte wordt voorzien. De rechter kolom geeft aan of dit percentage een onderschatting is van het percentage ongevallen met ouderen dat hiermee voorkomen kan worden (naar Malaterre & Fontaine, 1993).*