

Phileas simulatoronderzoek: gedrag en evaluatie chauffeurs



Dick de Waard, Karel A. Brookhuis, Eva Fabriek,
en Peter C. van Wolffelaar

Rijksuniversiteit Groningen
Experimentele en Arbeidspsychologie

September 2003

Experimentele- en Arbeidspsychologie
Rijksuniversiteit Groningen
Grote Kruisstraat 2/I
9712 TS GRONINGEN

<http://www.rug.nl/psy/>

© 2003 Experimentele- en Arbeidspsychologie, Rijksuniversiteit Groningen, Nederland.
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission in writing of the copywrite owner.

Phileas simulatoronderzoek: gedrag en evaluatie chauffeurs -D. de Waard, K.A. Brookhuis, E. Fabrick, en P.C. van Wolffelaar. Groningen: Experimentele- en Arbeidspsychologie, Rijksuniversiteit Groningen. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van APTS Advanced Public Transport Systems BV, Helmond.

Inhoud	
<i>Voorwoord</i>	5
<i>Samenvatting</i>	7
<i>Summary</i>	9
<i>Inleiding</i>	11
<i>Methode</i>	13
<i>Resultaten</i>	19
<i>Discussie en conclusies</i>	29
<i>Aanbevelingen</i>	31
<i>Bijlage 1 Randomiseringslijst</i>	35
<i>Bijlage 2 Statistische toetsen</i>	36
<i>Bijlage 3 De BSMI, beoordelingsschaal mentale inspanning</i>	39
<i>Bijlage 4 Antwoorden Open vragen</i>	40
<i>Bijlage 5. Integratie Phileas mock-up met rijsimulator</i>	53

Voorwoord

Het onderzoek in de Phileas simulator was onmogelijk geweest zonder de financiering, de opbouwende kritiek, en het geduld van medewerkers van de firma APTS. Graag bedanken wij Anton Klostermann en Antoon Verleg met naam.

Van het Rekencentrum van de Rijksuniversiteit danken wij Hayko Wind voor de mogelijkheid het onderzoek in de CAVE uit te voeren.

Peter Albronda en Joop Clots hebben veel inzet gepleegd bij het nauwkeurig simuleren van het stuurwiel. Om de simulator en de bijbehorende scenario's aan de praat te krijgen was de inzet van ST Software, voor ons Wim van Winsum, onmisbaar. Jeroen Meijer danken wij voor het tot leven brengen van de fietsers, een unicum op rijnsimulator gebied.

Tenslotte danken wij Anita Schrage van Arriva en Wil Teunissen van het WVOG die ervoor gezorgd hebben dat chauffeurs deel konden nemen aan het onderzoek. Natuurlijk danken wij hartelijk alle chauffeurs van Arriva en Hermes die de moeite hebben genomen om in de simulator plaats te nemen en bij te dragen aan het onderzoek.

Samenvatting

De Phileas is een nieuw, hoogwaardig openbaar vervoermiddel dat het midden houdt tussen een bus, een tram en een metro. Omdat de Phileas op luchtbanden rijdt en aan de wettelijke eisen voor bussen voldoet mag overal op de openbare weg worden gereden waar bussen mogen rijden. Op speciaal uitgeruste infrastructuur kan een Phileas ook als een railvoertuig volledig automatisch rijden en halteren. Deze mix is nieuw hetgeen in de praktijk straks onverwachte problemen met zich mee kan brengen die eerst onderzocht moeten worden voordat de Phileas in de vaart kan worden gebracht. Om die reden hebben 25 beroepsbuschauffeurs in een Phileas rijnsimulator een aantal experimentele ritten voltooid. Tijdens deze ritten deden zich situaties voor die soms erg gevaarlijk waren en soms iets minder gevaarlijk, maar die altijd ingrijpen van de chauffeur vereisten. In het experiment is een groot aantal gedragingen vastgelegd, onder andere óf chauffeurs ingrepen, of ze tijdig ingrepen, en wat zij vonden van het rijden in een Phileas. De resultaten van het experiment laten zien dat chauffeurs, indien ze goed overzicht hebben over de situatie ruim op tijd ingrepen. Bij zeer onverwachte situaties, getest met behulp van een fietser die onverwacht door rood reed en vlak voor de Phileas overstak, traden er met name de eerste maal wel conflicten op. In ongeveer 30% van de gevallen werd niet tijdig ingegrepen. Echter, na deze eerste ervaring waren de betreffende chauffeurs bedacht op dit (type) incident en reageerden tijdig.

Over het algemeen kreeg de Phileas van de beroepschauffeurs een positieve beoordeling, men zag het nut in van het voertuig en men vond het prettig in een Phileas te rijden. Er werd voornamelijk in de automatische modus gereden, al kan dit een gevolg zijn geweest van de instructie (maar niet verplichting!) om zo veel mogelijk automatisch te rijden. Ook toonden de chauffeurs vertrouwen in de Phileas, een belangrijke voorwaarde alvorens letterlijk het stuur over te geven. Belangrijkste punt van kritiek op de geteste inrichting was de locatie van de knop waarmee tussen de verschillende modi (vol-, half automaat of handbediening) kon worden geschakeld. Het liefst had men deze knop onder handbereik (bijvoorbeeld aan de stuurkolom), met een duidelijke indicatie op een geschikte plek van de modus waarin de Phileas staat.

De eerder genoemde problemen bij onverwachte incidenten vormen een serieuze bedreiging voor de veiligheid van de Phileas. De toekomstige chauffeurs dienen een gedegen training te krijgen om de vereiste, alerte houding ten aanzien van het functioneren van de Phileas in het verkeer aan te leren. Vanwege het automatisch karakter van het rijden met de Phileas (het gaat allemaal vanzelf immers) ligt dit niet voor de hand en moet er specifiek op onverwachte gebeurtenissen geoefend worden.

Summary

Phileas is a new, high quality public transport vehicle combining characteristics of bus, tram, and the underground. Phileas is equipped with pneumatic tyres and complies with the statutory regulations for buses. Accordingly Phileas may drive everywhere on public roads where buses are allowed to drive. On dedicated lanes Phileas can also drive as a track vehicle and drive and stop automatically. This combination is new and might have unexpected consequences in practice that must be studied in advance. For this reason 25 professional bus drivers have completed a number of experimental rides in a Phileas driving simulator. During these rides sometimes dangerous, and sometimes less dangerous, events happened that required active take-over of control by the driver. During the experiment several aspects of the driver's behaviour were registered, including whether he or she regained control, and whether control was claimed in time. Subjective appraisal of driving the Phileas and the man machine interface were also assessed. Results of the experiment show that if drivers have a good overview of the situation they regain control well in time. However, the first time encounter with very unexpected situations, tested with a cyclist who ran a red light and crossed closely in front of the Phileas, did lead to conflicts. In about 30% of the conditions the driver did not reclaim control. After this first time experience drivers were cautious to this (type of) incident and responded in time.

In general the professional drivers evaluated Phileas positively, the vehicle was seen as useful and driving it was experienced as pleasant. Most drivers drove in automatic mode, but this may be a result of the instruction (but not obligation) to drive as much as possible in this mode. Drivers trusted Phileas, an important condition for literally 'handing over' the steering wheel. Criticism focussed on the location of the button that switched between the three different driving modes (automatic, semi-automatic, and manual). This button was preferred in a location near hand, e.g. on the steering wheel column with a clear indication of present driving mode.

The earlier mentioned problems with unexpected incidents are a serious threat to safety. Future drivers should be thoroughly trained to obtain the required, alert attitude with regard to Phileas' functioning in traffic. Because of the automatic character of driving a Phileas (everything runs automatically) this is not obvious and drivers should be prepared for and trained in dealing with unexpected events.

Inleiding

In Eindhoven zal een nieuw hoogwaardig openbaar-vervoerssysteem als prototype worden ingevoerd. Dit systeem, Phileas genoemd, bestaat uit gelede voertuigen op luchtbanden die hun route vinden met geleiding door in het wegdek aangebrachte magneten. Voorzien is dat er op drie manieren met deze voertuigen wordt gereden: met handbediening, zodat de bestuurder zowel snelheid als koers bepaalt; halfautomatisch, waarbij de bestuurder alleen de snelheid bepaalt, maar de koers automatisch op basis van de magneten-baan verloopt, en volautomatisch, waarbij het voertuig zowel koers als snelheid zelf bepaalt.

Belangrijke redenen waarom bij de Phileas een elektronisch geleidingssysteem wordt toegepast zijn:

1. Om een taak uit te voeren, waartoe de chauffeur slechts met grote inspanning in staat is, namelijk het middels een krabbende manoeuvre nauwkeurig positioneren van het voertuig bij elke halteplaats. Vanwege zowel het in- en uitstapcomfort als de in- en uitstap snelheid, dient de afstand tussen voertuig en perron slechts enkele centimeters te bedragen
2. Om taken uit te voeren die de chauffeur in principe ook kan, maar die erg belastend zijn als hij of zij ze lang achter elkaar moet uitvoeren, zoals het rijden met relatief hoge snelheden (50-70 km/u) op een smalle busbaan;

Tijdens het rijden tussen de haltes is de halfautomatische of volautomatische bediening voorzien, het voertuig kan zich dus ook als een tram gedragen waarbij de bestuurder gas en rem bedient, maar niet het stuur. Nadat het voertuig bij een halte tot stilstand is gekomen dient de chauffeur middels een tikje op het gaspedaal aan te geven dat het voertuig weer automatisch weg kan rijden. Bij de vertrekmanoeuvre ondergaat het voertuig de eerste 10 meter een translatie (0,5 m) parallel aan en weg van de perronrand.

Voorzien is ook dat de bestuurder altijd kan ingrijpen tijdens het rijden in de half- of volautomatische toestand en de controle over het voertuig kan overnemen en weer overdragen. Dit laatste proces, het moeten ingrijpen en overnemen van controle over het voertuig in volledig automatische modus, is nieuw vergeleken met huidige bussen en trams.

Er zijn ten aanzien van de besturing van de Phileas twee onderzoeksvragen: is de Mens Machine Interface goed ingericht gelet op de overschakeling tussen de verschillende besturingsmodaliteiten, en kan de bestuurder optimaal reageren op noodsituaties, met name in die situaties waarin hij of zij niet actief stuurt.

1. Benodigde mens-machine-interface t.b.v. overschakelen;

Er is nog onduidelijkheid hoe de mens-machine-interface ergonomisch optimaal moet worden ingericht, en hoe het systeem zo efficiënt mogelijk kan overschakelen (van automatisch naar handbestuurd en vice versa), op een wijze die voor de chauffeurs acceptabel is. Ook is het mogelijk dat chauffeurs het niet prettig vinden om de voertuigcontrole over te geven aan een geautomatiseerd systeem (Hoedemaeker, 1999, De Waard et al., 1999). Naast een betrouwbaar (fail-safe) ontwerp, is een zorgvuldig ontworpen mens-machine-interface een belangrijke voorwaarde om deze acceptatie te waarborgen.

2. Reactie chauffeur op noodsituaties tijdens volautomatisch rijden;

Er is meer duidelijkheid nodig hoe chauffeurs zullen reageren op onverwachte situaties tijdens het volautomatisch rijden. Met name het "out-of-the-loop probleem" van de bestuurder bij automatisch rijden dient onderzocht te worden (Bainbridge, 1983, Wickens, 1992, Molloy &

Parasuraman, 1996). Uit gedragsonderzoek is gebleken dat de meeste chauffeurs van automatisch bestuurde voertuigen niet, of veel te laat reageren bij plotselinge noodsituaties (Desmond et al., 1998, De Waard et al., 1999). Dit probleem kan mogelijk worden beperkt door de chauffeur voldoende betrokken te houden bij de voertuigbesturing. Indien regelmatig ingegrepen moet worden zou het tevens zo kunnen zijn dat de bestuurder meer betrokken blijft bij de rijtaak. Ook zou de bestuurder om deze reden ervoor kunnen kiezen om zoveel mogelijk half-automatisch te rijden, behalve tijdens het volautomatisch aanlanden bij een halte. Dit is een vergelijkbare situatie als bij een conventionele tram.

Het simulatoronderzoek is bedoeld om inzicht te krijgen in;

- Hoe de mens-machine-interface is ingericht, en vooral of de overschakeling tussen bedieningsmodi (volautomaat, halfautomaat, handbediening) voor veiligheid en chauffeurs acceptabel is;
- Of chauffeurs adequaat en tijdig reageren op onverwacht gedrag van andere weggebruikers tijdens het halteren, tijdens het rijden van bochten en tijdens het oversteken van kruisingen en of dit leidt tot hoge werkbelasting;
- Of chauffeurs adequaat en tijdig reageren op defecten tijdens het volautomatisch (of halfautomatisch) rijden;
- Of chauffeurs de Phileas tijdens volautomatisch rijden vertrouwen;
- Welke bedieningsmodus chauffeurs (bij voorkeur) kiezen op de HOV baan;
- Wat chauffeurs verwachten in termen van acceptabel zijn (op de dimensies comfortabel en nuttig) voordat ze ervaring met de Phileas hebben, en of deze mening wijzigt nadat ze ervaring hebben opgedaan middels het voltooien van een dienst van 3 uren rijden in de simulator.

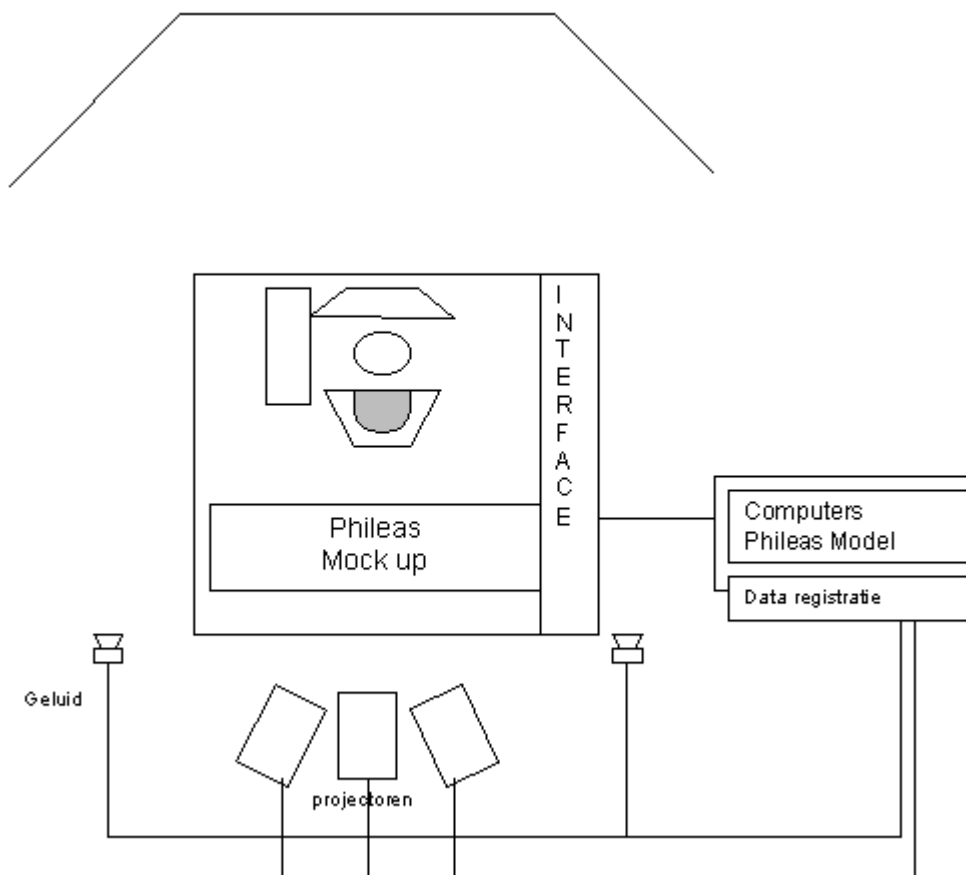
Methode

Mockup

Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van een door APTS beschikbaar gestelde houten Phileas mockup. De mockup was ingericht met het Phileas dashboard met de benodigde instrumenten, bedieningselementen (knoppen, pedalen) en een interface naar de RuG simulatiecomputer. Stuurwiel en pedalen werden actief aangestuurd, en alle (tegen)krachten werden op deze wijze gesimuleerd. In automatische modus bewoog het stuurwiel net als in de echte Phileas. Phileas karakteristieken, bijvoorbeeld versnelling, gedrag bij loslaten gaspedaal, werden eveneens zo realistisch mogelijk gesimuleerd. Een uitgebreide beschrijving van het systeem waarop de simulatie is gebaseerd is terug te vinden in Van Wolfelaar & Van Winsum (1995). De opstelling was geplaatst in de CAVE/VR omgeving bij het Rekencentrum van de RuG (zie Figuur 1). Een enkel geleed voertuig met 3 sturende assen, 18 m lang werd gesimuleerd (Figuur 2).



Figuur 1. Foto van de opstelling van de Phileas mockup met het geprojecteerde beeld



Figuur 2 Schematische weergave experimentele opzet

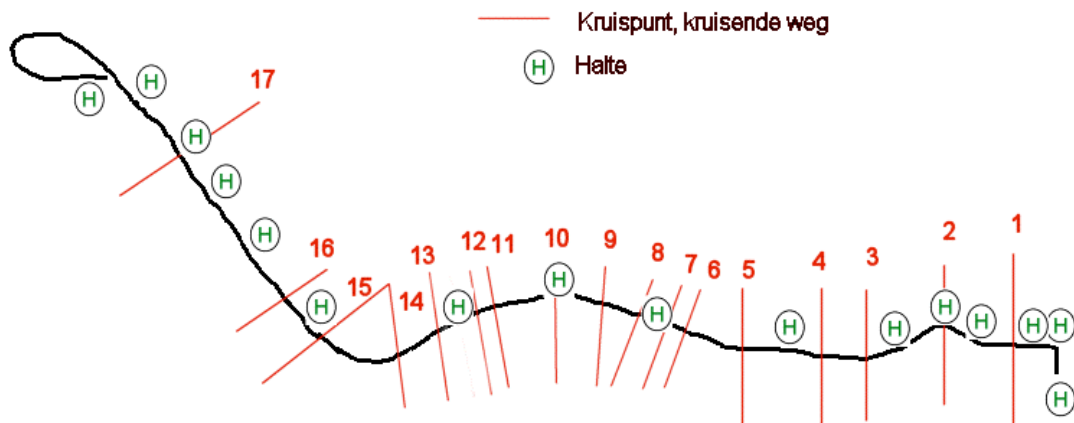
Deelnemers

Zowel chauffeurs van de firma Hermes die in Eindhoven op de Phileas zullen gaan rijden, als chauffeurs van de in Groningen actieve busmaatschappij Arriva, deden mee aan het onderzoek. Nadat in eerste instantie het onderzoek was aangekondigd in de Arriva nieuwsbrief zijn chauffeurs via oproepen op prikborden uitgenodigd voor een informatiemiddag die twee maal georganiseerd werd. Aldaar werd het doel van het onderzoek toegelicht, en kon men de onderzoeksopzet bekijken. Inschrijving voor deelname vond ter plekke plaats, na een korte testrit om te bepalen of men geen last had van simulatorziekte. Chauffeurs uit de regio Eindhoven konden niet van tevoren op ongevoeligheid voor simulatorziekte geselecteerd worden. Zestien Hermes chauffeurs en 14 Arriva chauffeurs deden mee aan het onderzoek. Uiteindelijk voltooiden 13 Hermes chauffeurs en 12 Arriva chauffeurs voldoende ritten om alle gewenste analyses te kunnen uitvoeren. Gegevens van de voormeting van chauffeurs die simulatorziek werden, werden zo veel mogelijk wel geanalyseerd.

Uitvoering

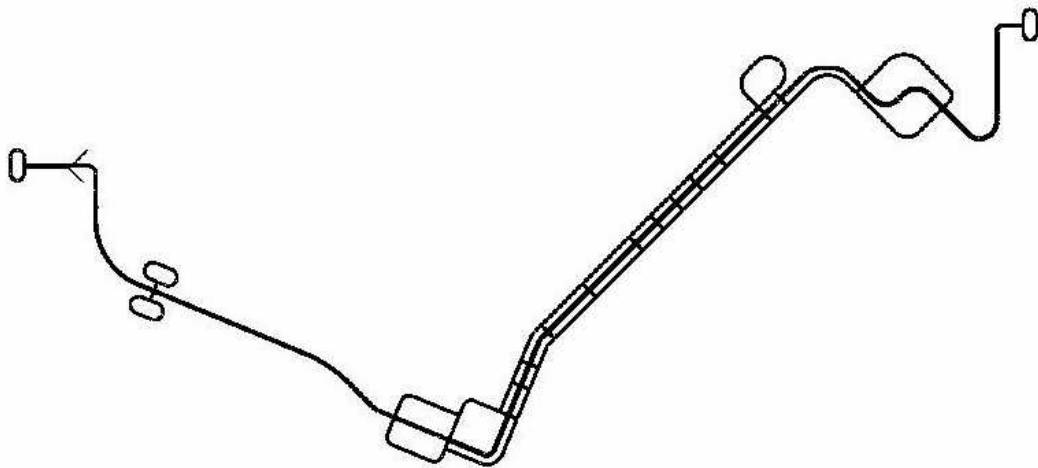
Voor het onderzoek is een route gebaseerd is op de rit Eindhoven Centraal Station – Luchthaven in grote lijnen nabgebouwd. Dit ‘nabouwen’ hield in dat afstanden, boogstralen, kruisingen (al dan niet met prioriteit), en haltes op dezelfde locaties werden geplaatst als in de echte wereld. De omgeving in termen van huizen werd niet gekopieerd, al werd de omgeving wel ‘aangekleed’ met bebouwing. De route die als uitgangspunt werd genomen is afgebeeld in Figuur 3

Route Phileas



Figuur 3 Overzicht van de Phileas route, gebaseerd op de route Eindhoven centraal station – Luchthaven, een route die straks in werkelijkheid onderdeel uitmaakt van het HOV netwerk

De route afgebeeld in Figuur 3 is nagebouwd als weergegeven in bovenaanzicht in Figuur 4



Figuur 4. Plattegrond van de uiteindelijk gesimuleerde route

Procedure

De ARRIVA deelnemers reden een nagenoeg volledige ochtend- of middagdienst van bijna 3 uren. De route (in één richting) was 9 km lang, de operationele (gemiddelde) snelheid 30 km/uur inclusief stoppen bij haltes en verkeerslichten. Samen met een stop van 2 minuten bij het

eindpunt, nam één rit 20 minuten in beslag. Een teller onder in beeld gaf aan hoe lang de bestuurder met zijn huidige rit bezig was. Op circa 3 km van de route (33%) was de snelheidslimiet 70 km/uur, op de rest van de route was de maximumsnelheid 50 km/uur. Tachtig procent van de route bestond uit HOV baan, in de simulator kon 70% van de rit automatisch gereden worden, de overige 30 % moest de bestuurde handmatig rijden*. Per dienst werden acht ritten gemaakt, de eerste rit was echter een gewenningsrit zonder incidenten, dus werden in totaal zeven experimentele ritten geregistreerd.

Met uitzondering van één rit waarbij de deelnemer gevraagd werd van begin tot eind handbediend te rijden (controleert, zie Bijlage 1), kregen de deelnemers de instructie zo veel mogelijk automatisch te rijden. Er werd aan deze instructie toegevoegd dat dit géén plicht was, indien men er de voorkeur aan gaf om (regelmatig) half-automatisch te rijden dan was dat toegestaan. Gepoogd werd om op deze wijze een afspiegeling te krijgen van de rij-modus voorkeur zoals die straks in de praktijk zich ook zal voordoen, terwijl men toch gestimuleerd werd ervaring op te doen met de nieuwe automatische rijmodi van de Phileas.

Hermes chauffeurs kwamen in groepen van 4 personen naar Groningen, ieder van hen reed één uur, één oefenrit, en twee experimentele ritten, allen met instructie zo veel mogelijk automatisch te rijden. De verdere instructie en procedure waren gelijk aan de Arriva condities.

Scenarios

De volgende kritieke scenarios werden toegepast om het gedrag van de bestuurder vast te stellen;

1. Een auto die midden op een kruising staat en de HOV baan blokkeert (iedere rit 1 x, dus 7x voor Arriva, 2x voor Hermes)
2. Een fietser die de HOV baan oversteeft op dusdanige wijze dat de Phileas bestuurder moet remmen (7x voor Arriva, 2x voor Hermes)
3. Een fietser die een kruising oversteeft voor de Phileas terwijl deze in automatische modus *wegrijdt* bij een halte; de Phileas bestuurder moet ingrijpen (4 x voor Arriva, 2x voor Hermes)
4. Een auto die stil staat op de HOV strook en zich daar illegaal bevindt; de Phileas bestuurder moet ingrijpen (2x voor Arriva, 1x voor Hermes)
5. Een technisch mankement; de bestuurder wordt door licht en geluid gewaarschuwd en moet het stuur overnemen (1 x voor Arriva, 0 x voor Hermes).

Scenario's 1, 2, en 3 komen per rit maximaal één keer voor, de locatie van het voorval werd gevarieerd.

Scenario 4 komt per dienst 2 x voor, één keer bij de handbestuurde rit (alleen Arriva chauffeurs), één keer bij een (semi) automatische rit. Dit scenario wordt op twee locaties uitgevoerd (heen en terugweg).

Scenario 5 komt als het goed is zelden voor; in het experiment is dit scenario beperkt tot Arriva chauffeurs, per dienst 1 keer, alleen bij een (semi)automatische rit en bij alle chauffeurs op dezelfde locatie, vóór een bocht.

Afhankelijke variabelen

- Voertuigparameters, reactietijd

* Reden voor dit verschil met het percentage HOV baan ligt in het feit dat het onverstandig leek om de besturing van de Phileas in een bocht over te dragen aan de bestuurder. Dit punt lag in de simulatorrit eerder zodat de Phileas niet "uit de bocht zou vliegen" indien de bestuurder niet zou overnemen. Nu kwam de Phileas bij geen reactie op een recht stuk weg tot stilstand.

Tijdens de ritten werd de snelheid van de Phileas geregistreerd. Daarnaast werd bij incidenten (bijvoorbeeld een overstekende fietser, een auto die de kruising blokkeert) de minimale TTC bepaald (TTC is Time-to-collision). Een TTC waarde op moment t is gedefinieerd als de tijd die het duurt totdat een ongeval tussen twee voertuigen plaatsvindt bij ongewijzigde koers en snelheid van beide partijen. De minimale TTC is dus een veiligheidsindicator en geeft de marge weer die resteert voor de reactie plaats vindt. Bij een TTC van nul heeft een aanrijding plaatsgevonden.

Ook de reactietijd is bepaald, gemeten als het tijdsverloop tussen het starten van een scenario (een vast moment, meestal het moment dat het andere voertuig zichtbaar wordt) en de reactie van de bestuurder in de vorm van meer dan 10% intrappen van het rempedaal. De absolute reactietijd zegt in dit geval dus niet zo veel, echter, voor het vergelijken van verschillende condities kan dit nuttig zijn, met name voor de vergelijking van de conditie waarin handmatig werd gereden met de condities waarin automatisch werd gereden. Bij incidenten is tevens de snelheid waarmee (bij het starten van het scenario) gereden werd, en de rij-modus waarin de Phileas stond, geregistreerd.

Per rit is de gemiddelde snelheid berekend, alsmede de spreiding in rijnsnelheid (standaard deviatie, sd), afzonderlijk naar de twee snelheidslimieten, 50 km/uur en 70 km/uur. Ook is per rit bepaald hoeveel procent in de verschillende rij-modi is afgelegd.

- Vragenlijsten:

Voor en na het experiment werden verschillende vragenlijsten afgenomen. Na iedere rit werd aan de chauffeur gevraagd om een algemeen oordeel te geven over de geleverde *mentale inspanning* (BSMI, BeoordelingsSchaal Mentale Inspanning, Zijlstra, 1993, zie bijlage 3) en een oordeel over hoe men vond dat men zelf had gereden (Rijkwaliteitsschaal, Brookhuis et al., 1985).

Voor aanvang van het experiment werd de Phileas en de eigenschappen van de Phileas omschreven. Er werd aan de chauffeurs gevraagd zich een beeld te vormen van dit voertuig, en op een standaard acceptatielijst (Van der Laan et al., 1997) aan te geven hoe acceptabel men een dergelijk voertuig zou vinden. Na de ritten werd dezelfde lijst opnieuw afgenomen. Door vergelijking van de voor- met de nameting kan aan het licht komen of verwachtingen omtrent het voertuig overeenkomen met ervaringen opgedaan tijdens de simulatorritten. De lijst meet op twee dimensies, enerzijds hoe nuttig men een dergelijk systeem vindt (usefulness), anderzijds hoe prettig men de Phileas vindt (satisfying).

Het vertrouwen dat men in de Phileas heeft, en dan gaat het vooral om de Phileas in (semi) automatische modus, is gemeten met een uit het engels vertaalde lijst (Trust in automated systems, Jian, J.-Y., Bisantz, A.M., & Drury, C.G., 2000). Ook is een vertaling van een internationaal veel gebruikte hanteerbaarheidsschaal, de zogenaamde System Usability Scale (SUS, Brooke, 1996), voorgelegd. Tenslotte werden vragen gesteld over (overschakelen tussen) de 3 bedieningsmodi, en de bediening van de Phileas (deels aan de hand van foto's van het dashboard).

Resultaten

Algemeen

De resultaten van de vragenlijsten zijn zoveel mogelijk gebaseerd op de data van 13 Arriva chauffeurs en 16 Hermeschauffeurs (in totaal 25 mannen en 4 vrouwen). De meerderheid reed stadsdiensten (86 %), 7% reed op het streekvervoer en 7 % reed zowel stads- als streekdiensten. Gemiddelde leeftijd was 44 jaar (bereik 29-58 jaar), gemiddeld had men 18 jaar ervaring als beroepschauffeur (bereik 3 – 32 jaar), en werkte men 38 uur per week (sd 8, bereik 9-55 uren). Totaal gereden kilometrage varieerde tussen 15 000 en 2 500 000 km (gemiddeld 500 000 km).

De voertuigparameters berusten op gegevens van 12 Arriva chauffeurs en 13 Hermes chauffeurs. Door technische problemen, of gevoeligheid voor simulatorziekte, kon in een beperkt aantal gevallen niet alle ritten voltooid worden. Om toch een variantieanalyse te kunnen uitvoeren op zo veel mogelijk data van verschillende proefpersonen zijn indien mogelijk “lege cellen” opgevuld door een algemeen gemiddelde in te vullen of door data uit voorgaande ritten te kopiëren. Dit is – statistisch gezien– een conservatieve oplossing waarbij een proefpersoon niet volledig verloren gaat.

De volgende analyses zijn (indien mogelijk) uitgevoerd op de voertuigparameters en de subjectieve oordelen die na iedere rit verzameld zijn:

- 1e rit versus 2e rit. De eerste rit is eigenlijk de tweede rit die gemaakt werd, de echte eerste rit was een oefen rit. Wat hier aangeduid wordt als eerste rit bevatte voor het eerst onverwachte gebeurtenissen waarbij ingrijpen noodzakelijk was. Deze rit wordt vergeleken met de daarop volgende “tweede rit”, waarbij de chauffeur meer is voorbereid op dergelijke gebeurtenissen. Data van Arriva en Hermes ritten zijn hierbij samengenomen zodat analyses op data van maximaal 25 deelnemers berusten
- Trend 1e tot en met 6e rit. Van de zeven experimentele ritten zijn de zes die automatisch gereden werden op volgorde effecten geanalyseerd. Gewenning aan de taak kan op deze manier geanalyseerd worden. Alleen data van Arriva chauffeurs zijn hiervoor geschikt, immers, alleen zij hebben zo veel ritten gemaakt ($N_{\max} = 12$).
- Automatische ritten versus de handmatige rit. Data van de zes automatische ritten zijn gemiddeld en vergeleken met de referentie rit waarin van begin tot eind handmatig bestuurd werd. Aangezien deze handmatige rit alleen door Arriva chauffeurs is gemaakt berusten analyses wederom alleen op data van deze chauffeurs ($N_{\max} = 12$).

Ter verhoging van de leesbaarheid zijn de statistische toetsen in bijlage 2 afgedrukt.

Rijmodus

Bepaald is het percentage van de rit in afstand dat in de drie modi werd gereden. Maximaal kon men 70% van de route automatisch rijden en middels de instructie was men gestimuleerd dit zo veel mogelijk te doen. Tijdens de tweede rit werd er iets minder automatisch gereden dan in de eerste rit (56% in plaats van 59% van de tijd), en iets meer handbediend en halfautomatisch (+1.5% beiden). Over de zes ritten die na elkaar werden gemaakt kon geen trend vastgesteld worden in bedieningsmodus, met andere woorden, er werd naar verloop van tijd niet meer of minder (semi) automatisch gereden. Gemiddeld over alle ritten was de verdeling Hand : Half-automaat : Volautomaat 38% : 7% : 55%. De kwaliteit van het handmatig aanlanden is niet gemeten.

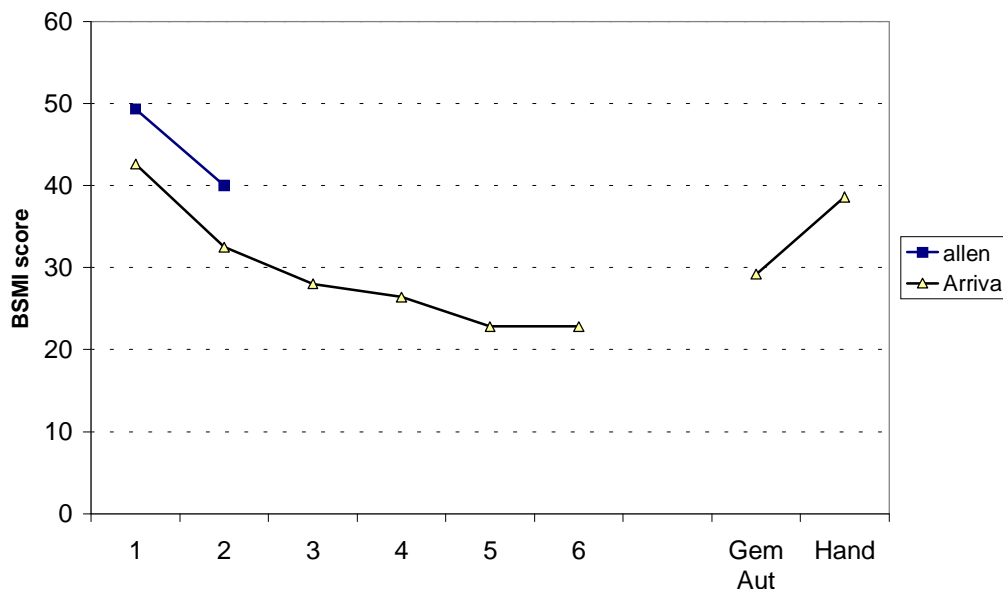
Snelheid

De gemiddelde en standaard deviatie van de rijnsnelheid verschilde niet tussen de eerste en de tweede rit, noch op het traject waar 50 km/uur gereden mocht worden noch op het traject waar men 70 km/uur mocht rijden.

De handgereden rit vergeleken met de automatische ritten verschilde wel; op de 50 km/uur trajecten haalde men een gemiddelde snelheid van 28.4 km/uur bij de automatische rit en 29.5 km/uur bij de handgereden rit (NB inclusief de stops bij haltes). Op het 70 km/uur traject werd er handgereden juist iets langzamer gereden, gemiddeld 29.5 in plaats van 30.6 km/uur. De spreiding in rijnsnelheid lag op de 50 km/uur trajecten bij de handgereden ritten iets hoger, 19.4 versus 19.1 km/uur, op de 70 km/uur trajecten was dit weer andersom, 24.5 bij de automatische rit en 21.6 km/uur bij de handgereden rit. Alle ritten werden binnen de gestelde 20 minuten voltooid.

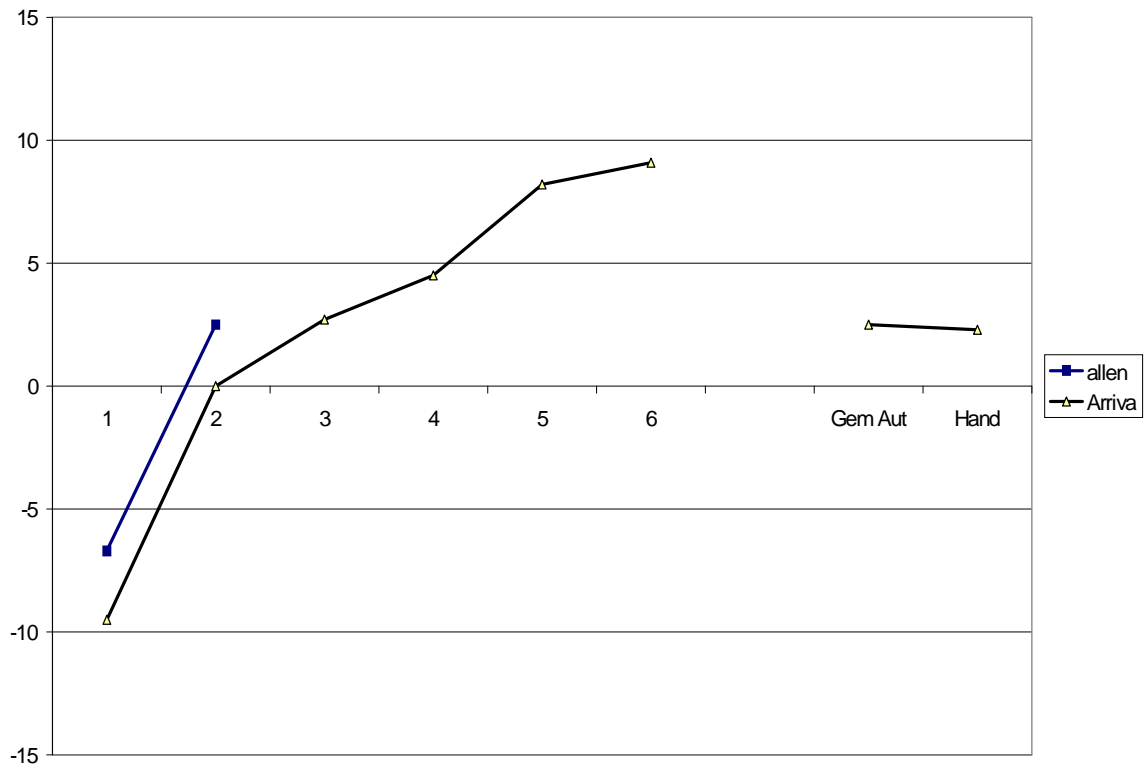
Subjectieve inspanning

Mentale inspanning werd na iedere rit gerapporteerd met behulp van de BSMI, een schaal die loopt van 0 (totaal niet inspannend) tot 150, waarbij het 112 als laatste punt is gemarkeerd met “ontzettend inspannend”. Het verschil tussen de eerste en tweede rit met alle deelnemers was statistisch niet significant, echter, over de 6 ritten was bij de Arriva deelnemers wel een duidelijk afnemende trend waarneembaar. In figuur 5 is te zien dat naarmate men meer ritten in de simulator had voltooid, de ervaren inspanning afnam van ongeveer 40 (“enigszins inspannend”) naar 23 (“een beetje inspannend”). De handbestuurde rit lijkt meer mentale inspanning te vereisen dan de automatische ritten, dit verschil is echter statistisch niet significant.



Figuur 5 Gemiddelde score van de chauffeurs op de “BeoordelingsSchaal Mentale Inspanning (BSMI) over zes opeenvolgende ritten (1-6) en de handgereden rit. Gem Aut = gemiddelde score op automatische ritten, Hand = score op handbestuurde rit. Een BSMI score van 26 komt overeen met “een beetje inspannend”, een score van 58 met “tamelijk inspannend” (zie bijlage 3).

Subjectief oordeel rijkwaliteit



Figuur 6. Gemiddelde oordeling van de chauffeurs over hoe (goed of slecht) men vond dat men zelf had gereden voor zes opeenvolgende ritten (1-6), en de gemiddelde score voor automatische en handgereden rit. De schaal loopt van -100 (heel slecht gereden) tot +100 (heel goed gereden).

Na iedere rit werd ook een oordeel over de rijkwaliteit gegeven, de schaal extremen hier zijn -100 ('ik heb heel slecht gereden') en +100 ('ik heb heel goed gereden') met als neutraal middenpunt 0 ('ik heb normaal gereden').

De tweede rit wordt licht positief beoordeeld, terwijl de eerste rit nog een licht negatief oordeel kreeg. Over de zes ritten nam met ervaring ook het oordeel over de rijkwaliteit toe (zie figuur 6). Men beoordeelde de handbestuurde rit niet anders dan de automatische ritten.

Incident 1: Auto blokkeert HOV baan

De auto die een kruising blokkeerde was van verre reeds zichtbaar, daarom hebben zich hier dan ook geen ongelukken voorgedaan. Chauffeurs grepen in via rem, soms gevolgd door het stuur, ruim op tijd. Tijdens de eerste rit had bij het begin van het scenario 80% de Phileas reeds in halfautomaat gezet (door te remmen), de overige 20% reed op dat moment handmatig. Bij volgende ritten werden vergelijkbare verdelingen gevonden, 70-80% reed halfautomatisch.

De gemiddelde minimale TTC (Time-to-collision) was bij de eerste rit 5.43 s, bij de tweede rit onveranderd 5.96 s. Latere ritten zakte deze TTC iets, maar niet onder de (nog steeds veilige) 4.29 seconden.

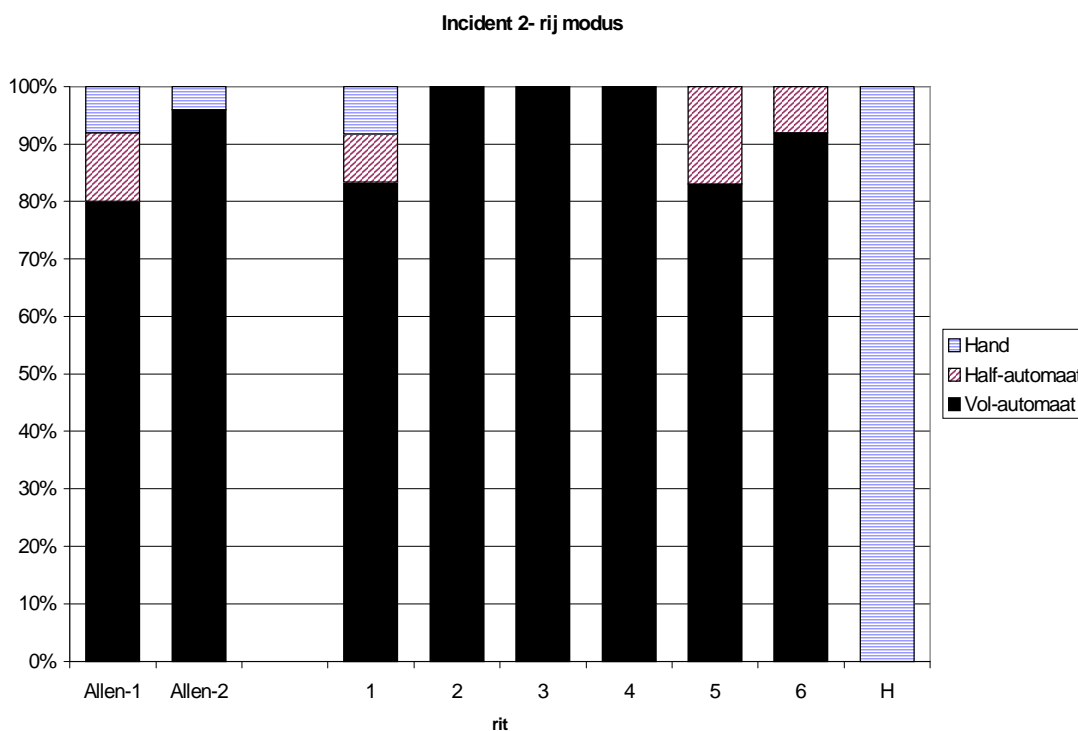
Bij de handbestuurde rit lag de minimale TTC iets lager, 4.76 s tegen 5.35 seconden gemiddeld voor de automatische ritten. De aanrijnsnelheid lag bij de handbestuurde rit dan ook iets hoger, 31.0 km/uur tegen 26.7 km/uur.

Incident 2: Fietser rijdt door rood

Dat door rood rijden voor fietsers gevaarlijk kan zijn bleek uit de resultaten: bij de eerste rit ging het 7 keer (28%) ernstig mis, de Phileas stopte niet op tijd en de fietser werd aangereden. Bij de tweede confrontatie ging het nog steeds 3 keer mis (12%), daarna, met één uitzondering, niet meer. Bij de handbestuurde ritten (alleen Arriva) ging het 11 x goed en één keer fout.

Tijdens de eerste rit stond de Phileas meestal in automatische modus (80%, 12% half-automaat), tijdens de tweede rit zelfs nog meer, in 96% van de gevallen. Dit percentage bleef hoog bij de volgende ritten, al nam vanaf de 5e rit het percentage chauffeurs dat de kruising in half-automatische in plaats van volautomatische modus naderde reed iets toe (zie figuur 7).

De minimale TTC is alleen bepaald indien er zich geen ongeval voordeed (want in geval van ongeval werd deze natuurlijk nul !). Deze versilde niet significant tussen eerste en tweede rit (NB, voor de gevallen waarin tijdig werd gereageerd !), namelijk, 2.16 s de eerste rit, 2.55 s de tweede rit. Bij volgende ritten veranderde deze waarde niet significant, evenals bij de handgestuurde rit. De reactietijd toonde een identiek patroon, en ook de aanrijnsnelheid versilde niet tussen ritten.



Figuur 7. Rijmodus Phileas bij naderen kruising incident met fietser die door rood rijdt. Allen = data 1e en 2e rit Arriva en Hermes samen, overige data alleen Arriva, per rit (1-6). H= Handbestuurde rit.

Incident 3: Fietser steekt over terwijl Phileas wegrijdt bij halte

Ook bij het automatisch wegrijden gebeurden er ongevallen met overstekende fietsers; de eerste keer 7 maal (28%), de tweede keer één maal (4%). De eerste en tweede rit stond de Phileas in 92% van de gevallen in vol-automatische modus, 4% half automaat en 4% handbediening.

Wederom is alleen de minimale TTC bepaald indien er géén ongeval plaats had gehad. Geen verschil werd er gevonden tussen de eerste en tweede rit (3.50 versus 3.90 s. de tweede rit). De

reactietijd is de tweede maal marginaal significant sneller, 2.89 s in plaats van gemiddeld 3.29 s. Een trend over de drie ritten met dit incident kon echter niet vastgesteld worden, voor geen van de afhankelijke maten. De minimale TTC is *kleiner* bij de handbestuurde rit, 2.27 s tegen 3.43 s bij de automatische ritten. Mogelijk remde men handbediend minder hard want de reactietijd bij de handmatig bestuurde rit is gelijk aan de reactietijd in de automatische ritten, namelijk 2.98 s tegen 3.01 s.

Incident 4: Auto bevindt zich illegaal op HOV baan

De auto die zich illegaal op de HOV baan bevond werd door alle chauffeurs tijdig opgemerkt, geen enkele keer leidde dit tot een ongeval. De chauffeurs reageerden in eerste instantie met de rem, soms gevolgd door het om de auto heen sturen. Aangezien Hermes chauffeurs één keer en Arriva chauffeurs 2 maal met deze gebeurtenis geconfronteerd werden (één keer automatisch rijdend, één keer handbediend) zijn alleen deze laatste twee condities met elkaar vergeleken. De minimale TTC werd in de handgestuurde conditie iets kleiner dan in de conditie waar automatisch werd gestuurd; 4.18 s versus 5.12 s. De aanrijksnelheid lag in de handbediende conditie iets lager, 43.1 versus 46.9 km/uur. Met andere woorden, in de handbediende conditie reed men iets langzamer maar remde ook iets minder heftig. Overigens zijn beide effecten slechts marginaal significant.

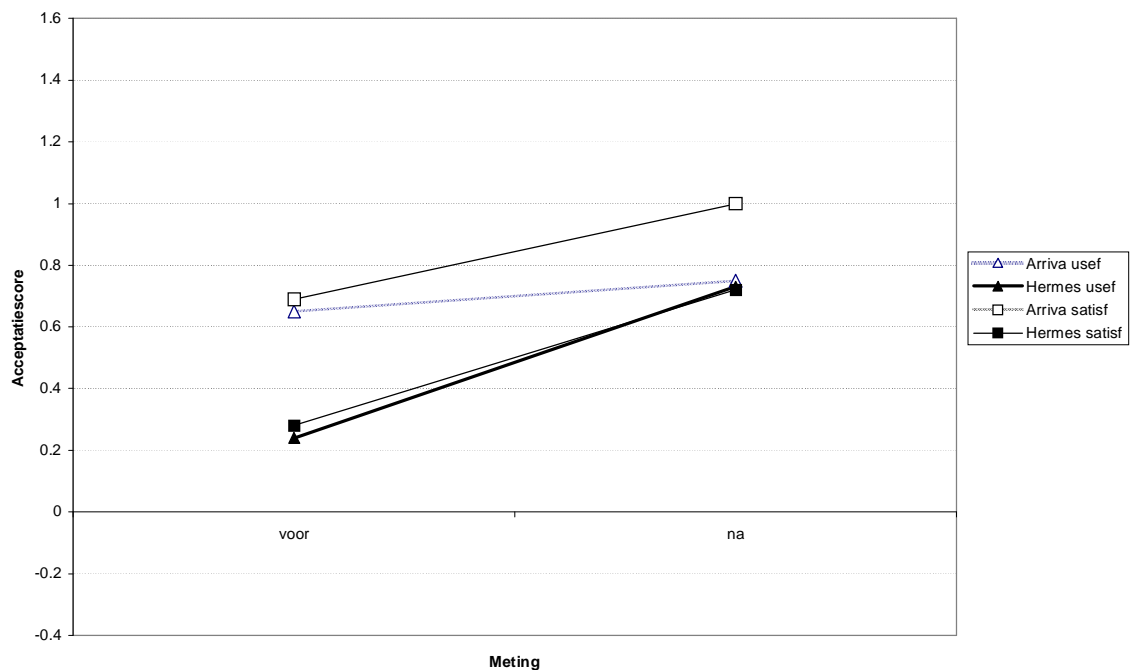
Incident 5: Technisch mankement

De technische storing werd aangekondigd door de zoemer met een rood licht en een melding op het scherm. Op het technisch mankement werd niet of heel traag gereageerd. De gebruikelijke reactie was om het stuur te grijpen en door te rijden, geen enkele chauffeur bracht de Phileas tot stilstand. In de discussie worden deze resultaten nader besproken.

Vragenlijsten

Acceptatielijst

De acceptatielijsten zijn voor, en na ervaring met de Phileas afgenomen. Acceptatie is op twee dimensies vastgesteld, berekend zijn een Nuttigheidsscore (Usefulness), en een Satisfying score die 'aangenaamheid' van het systeem reflecteert. Scores lopen van -2 (negatief oordeel, niet nuttig, onaangenaam) tot + 2 (positief oordeel). In figuur 8 is te zien dat alle scores (licht) positief zijn, en dat na ervaring het oordeel positiever is. Eén uitzondering, bij Arriva chauffeurs blijft het nuttigheidsoordeel onveranderd, terwijl Hermes-chauffeurs na ervaring wel tot een hogere nuttigheidsscore komen.



Figuur 8. Acceptatiescores vóór en na ervaring met de Phileas afzonderlijk voor Arriva en Hermes chauffeurs en op de twee dimensies van de schaal (nuttigheid: usefulness en aangenaamheid: satisfying). Het bereik van de schaal loopt van -2 tot $+2$.

SUS- System Usability Scale

De SUS (Brooke, 1996) is een schaal die ter vergelijking is toegevoegd omdat deze in andere settings vaker is gebruikt. Deze gestandaardiseerde schaal bestaat uit 10 items (item 10-19 in bijlage 4). Middels de schaal wordt een oordeel verkregen over hoe nuttig men het systeem (in dit geval de Phileas) acht. De SUS score loopt van 0-100, waarbij '100' heel erg nuttig en handelbaar is. De gemiddelde SUS score was vrij hoog, namelijk 79.2 (sd 15). Het verschil in score tussen Arriva (82.7) en Hermes chauffeurs (76.2) is niet significant.

Aangezien de SUS direct na de ritten werd afgenomen, zou men verwachten dat de "nuttigheidsscore" van de nameting van de acceptatieschaal hetzelfde concept meet. Beide scores correleren positief ($+0.28$), en marginaal significant. Een veel sterkere samenhang werd echter gevonden tussen SUS en de affectieve dimensie van de acceptatieschaal, de Satisfying score. Hier was de correlatie $+0.54$. Blijkbaar reflecteert de SUS niet alleen 'usability' of 'nut', maar ook plezier, en is de schaal dus niet uitwisselbaar met één van de twee dimensies van de acceptatieschaal.

Vertrouwen in de Phileas – "Trust" vragen

Twaalf items vormen de Vertrouwens vragenlijst, in bijlage 4 zijn dit vraag 20 tot en met 31. Een gesommeerde score geeft het vertrouwen van de chauffeurs in de Phileas weer, de score heeft een bereik tussen -3 en $+3$, waarbij een score van $+3$ overeenkomt met veel vertrouwen. De gemiddelde score voor alle chauffeurs was $+0.72$, de score voor Arriva chauffeurs was gemiddeld hoger, $+0.91$ vs. $+0.54$ voor Hermes, maar dit verschil is statistisch niet significant.

De Vertrouwensscore correleert significant en positief met zowel de SUS als de acceptatievragenlijst. Een positief oordeel over nut en aangenaamheid gaat hier samen met vertrouwen in de Phileas.

Oordeel rijden in verschillende toestanden

Afzonderlijk voor vier situaties is gevraagd aan welke rijwijze men de voorkeur gaf. Resultaten staan in Tabel 1. Alle situaties hebben betrekking op (rijden op) de vrije HOV baan.

Tabel 1 Voorkeur rijwijze op HOV baan (N = 28)

	Volautomaat	Halfautomaat	Handmatig
Rijden	93 %	0 %	7 %
Naderen halte	96 %	0 %	4 %
Halteren	100 %	0 %	0 %
Vertrekken bij halte	79 %	14 %	7 %

Het is duidelijk dat de overgrote meerderheid van de chauffeurs automatisch wenst te rijden in die situaties waar dat kan (namelijk op de HOV baan). Vooral halteren wenst men automatisch uit te voeren, en dat is gunstig want vanuit het perspectief van op tijd rijden is dit zeer wenselijk en mogelijk zelfs vereist. Opmerkelijk is de 14% van de chauffeurs die de voorkeur geeft aan half-automatisch vertrekken bij een halte. Het zou kunnen dat dit deels op een misverstand berust, immers, het gaspedaal moest aangetikt worden om weg te rijden, want de meeste chauffeurs reden niet half-automatisch in deze situatie.

Indicatie rijwijze

De vraag of het altijd duidelijk was in welke rijwijze de Phileas stond werd als volgt beantwoord:

<i>Nee, nooit</i>	0 %	21 %	7 %	28 %	43 %	<i>Ja, altijd</i>
-------------------	-----	------	-----	------	------	-------------------

Hoewel een behoorlijke meerderheid van 71% aangeeft dat het (meestal) duidelijk was, heeft 1 op de 5 deelnemers hier toch moeite mee. Dit is gezien het belang van deze informatie een grote groep. In de open vragen (zie bijlage 4, ingevulde antwoorden zijn vet weergegeven) werd aangegeven dat vaak na een ingreep (bijvoorbeeld met de rem) niet duidelijk was in welke modus de Phileas stond. Ook de locatie waar deze modus te zien was werd niet door iedereen als gunstig beoordeeld, de indicatie via verlichte knoppen vereiste een blik naar links-beneden, de indicatie op het statusscherm werd door enkelen als klein of onvindbaar tussen andere informatie bestempeld.

Rode en groene knop, overschakelen

De rode en groene knop die aangaven in welke rijwijze de Phileas stond en waarmee de chauffeur naar een andere rijwijze kon overschakelen werden beoordeeld op locatie, kleur, vorm, grootte en bediening. De resultaten staan in tabel 2.

Tabel 2: Oordeel over de rode en groene knop. Het percentage chauffeurs is per oordeel aangegeven

Locatie	<i>Slecht</i>	25	11	0	43	21	<i>Goed</i>
Kleur	<i>Slecht</i>	7	4	0	21	68	<i>Goed</i>
Vorm	<i>Slecht</i>	11	4	14	21	50	<i>Goed</i>
Grootte	<i>Slecht</i>	4	4	18	21	54	<i>Goed</i>
Bediening	<i>Slecht</i>	7	4	11	25	54	<i>Goed</i>

De meerderheid van de chauffeurs is tevreden over de huidige indeling, vorm en bediening. Toch werden de vorm, grootte en heel vaak de locatie als niet optimaal beoordeeld. Het liefst zag men een knop of handle ('tuimelschakelaar') op het nabije dashboard of stuur (bijlage 4).

Nagenoeg iedereen vond overschakelen met behulp van de *groene knop* (vrij) goed:

<i>Slecht</i>	4 %	0 %	0 %	32 %	64 %	<i>Goed</i>
---------------	-----	-----	-----	------	------	-------------

Overgaan van (half) automaat naar 'bus' kon op 2 manieren, door een druk op de rode knop of door een ruk aan het stuur. De rode knop kreeg de voorkeur van 44%, het stuur van 33% en 22 % had geen voorkeur.

Overschakelen met de rode knop vond men:

<i>Slecht</i>	8 %	4 %	16 %	44 %	28 %	<i>Goed</i>
---------------	-----	-----	------	------	------	-------------

Overschakelen door een ruk aan het stuur beoordeelde een aantal chauffeurs negatiever, men vond dit:

<i>Slecht</i>	26 %	19 %	16 %	11 %	26 %	<i>Goed</i>
---------------	------	------	------	------	------	-------------

Een ruk aan het stuur betekent immers meteen een laterale verplaatsing, en in niet-urgente gevallen is dat niet wenselijk of zelfs gevaarlijk. Stuur-overname is echter expliciet bedoeld voor noodsituaties.

Om van volautomaat naar halfautomaat te gaan moest de chauffeur remmen. Deze manier van overschakelen vond men:

<i>Slecht</i>	0 %	7 %	0 %	29 %	64 %	<i>Goed</i>
---------------	-----	-----	-----	------	------	-------------

De indruk van de meeste chauffeurs was dat men niet zo vaak hoefde over te schakelen. De volgende resultaten werden gevonden op de vraag 'Moest u voor uw gevoel vaak overschakelen?':

<i>Weinig</i>	29 %	36 %	21 %	11 %	4 %	<i>Vaak</i>
---------------	------	------	------	------	-----	-------------

Het feit dat men tijdens een rit moest overschakelen vond men:

<i>Slecht</i>	0 %	0 %	11 %	61 %	29 %	<i>Goed</i>
---------------	-----	-----	------	------	------	-------------

Cabine

Inrichting van het bedieningspaneel vond men

<i>Niet over- zichtelijk</i>	4 %	4 %	7 %	37 %	48 %	<i>Over- zichtelijk</i>
----------------------------------	-----	-----	-----	------	------	-----------------------------

De grote meerderheid had dus geen problemen met de overzichtelijkheid van de cabine.

Het groene statusscherm werd als volgt beoordeeld:

<i>Onduidelijk</i>	11 %	11 %	7 %	29 %	43 %	<i>Duidelijk</i>
--------------------	------	------	-----	------	------	------------------

De meerderheid vond het scherm duidelijk, maar 22 % geeft een negatieve score. De leesbaarheid onder fel zonlicht zou wel eens slecht kunnen zijn. Eén chauffeur met ervaring in een Mercedes Citaro waarin zich een identiek scherm bevindt, gaf aan ook nu geen gebruik te maken van de informatie op dit scherm.

Het gros van het commentaar dat de chauffeurs hadden spitste zich toe op “*de*” Phileas knoppen. De locatie en vorm beviel velen niet (zie bijlage 4).

Discussie en conclusies

De belangrijkste conclusie die getrokken kan worden is dat indien bij een potentieel conflict de tijds marges ruim zijn, de bestuurder zonder twijfel de controle over de Phileas terugneemt. Deze situatie doet zich in het onderzoek voor in het geval een auto een kruising blokkeert of zich illegaal op de HOV bevindt. Bij de meer tijds kritische incidenten, de fietsers die onverwacht oversteken, was tijdig ingrijpen de eerste keer lang niet altijd het geval. Weliswaar reageerden de bestuurders in ruim 70% van de gevallen wel (net) op tijd, maar in de overige gevallen werden zij dermate verrast door de gebeurtenis dat er sprake was van een te late reactie, met eventuele gevolgen van dien. Echter, eenmaal geconfronteerd met een dergelijk incident is de chauffeur hierna alert en reageert tijdig. Deze eerste ervaring met een nieuwe situatie is erg belangrijk, niemand (chauffeur, maatschappij, fabrikant) kan het zich in dit soort gevallen veroorloven om 'door schade en schande wijs te worden'. De nieuwe taakomgeving, rijden in een automatisch voertuig, heeft er waarschijnlijk toe geleid dat men zich "aan het systeem heeft overgegeven". De karakteristieken van de Phileas zijn in deze fase bij de chauffeur nog niet volledig bekend (wanneer remt Phileas wel en wanneer niet automatisch, wanneer moet ik als bestuurder extra opletten en ingrijpen?). Dit "te veel vertrouwen" op een automatisch systeem wordt in de Engelstalige literatuur aangeduid als *complacency* (Wiener & Curry, 1980, Parasuraman & Riley, 1997). Niet alleen in de simulator, maar ook bij de echte Phileas kan *complacency* optreden en een bedreiging vormen voor de verkeersveiligheid. De meest voor de hand liggende oplossing van dit probleem ligt in het trainen van chauffeurs in het detecteren en hanteren van dergelijke situaties. Voor de training kan men erg goed gebruik maken van een simulator, daar immers zijn de consequenties van een fout nooit ernstig maar wel erg leerzaam. Op dit moment is de geconstateerde gevoeligheid voor simulatorziekte een mogelijk obstakel voor succesvolle implementatie hiervan, echter, met een aantal aanpassingen in het parcours zou dit deels ondervangen kunnen worden. Chauffeurs zijn het meest gevoelig bij bochten, en daarvan zou het aantal zo laag mogelijk gehouden kunnen worden. Bovendien kan bij de training van toekomstige Phileas chauffeurs ruimer tijd worden uitgetrokken voor de gewenning aan een simulator, hetgeen ook veel scheelt.

Tijdens het experiment zijn de deelnemers een groot aantal incidenten tegengekomen, waarschijnlijk meer dan in de werkelijkheid tijdens één dienst verwacht mag worden. Ook gedroeg de simulator zich soms als prototype, bijvoorbeeld bij een scherpe bocht werden de grote gesimuleerde krachten op het stuur soms door het systeem geïnterpreteerd als een stuur-overname door de chauffeur. Gevolg was dat de Phileas rijdend in automatische modus oversprong naar handbediening, wat weer ingrijpen van de chauffeur vereiste. Met andere woorden, de Phileas simulator was op dit punt nog niet altijd helemaal betrouwbaar. Opmerkelijk in dit licht is dat na afloop de chauffeurs aangeven toch vertrouwen in Phileas te hebben en het voertuig nuttig en aangenaam te vinden.

Dat de Arriva chauffeurs een grotere hoeveelheid ritten maakten werd door een aantal van hen als bijzonder nuttig ervaren, men had het idee meer tijd te hebben gehad om te wennen aan de Phileas, en ook aan de experimentele omgeving. Grote verschillen in oordeel en gedrag tussen Hermes en Arriva chauffeurs waren er echter niet. Het belangrijkste verschil werd gevonden op de acceptatieschaal; terwijl Arriva chauffeurs vooraf en achteraf een gelijk positief oordeel over het nut van de Phileas gaven, nam bij Hermes chauffeurs dit oordeel toe van een neutrale waarde naar positief. Hermes chauffeurs hadden hoogst waarschijnlijk vooraf meer informatie en ideeën omtrent Phileas, aangezien de komst van Phileas in Eindhoven vast staat en er regionaal meer richtbaarheid aan wordt gegeven. Het nuttigheidsoordeel nam na ervaring in de simulator bij hen dus toe.

De deelnemers hebben veel in de automatische modus gereden. Dit komt waarschijnlijk grotendeels door de instructie dit zo veel mogelijk te doen om er ervaring mee op te doen en er een oordeel over te kunnen geven. Welke rijmodus in de praktijk het meest gebruikt zal worden zal blijken als chauffeurs veel meer ervaring met Phileas hebben.

Ergonomie

In de simulator was het eind van de HOV baan als volgt geïmplementeerd; bij nadering van het eind van de met magneten uitgeruste baan volgde alleen een melding op het groene statusscherm dat overgeschakeld diende te worden naar handbediening. Deed de chauffeur dit niet, dan werd bij het eind van de HOV baan een noodprocedure ingeschakeld (zoemer, rood "stop" licht op het dashboard) en werd de Phileas tot stilstand gebracht. De chauffeurs, onbekend met het exacte eindpunt zagen de melding op het scherm veelal over het hoofd met als gevolg dat het eind van de HOV baan werd bereikt en de zoemer en het rode noodlicht inschakelde. Indien zij op dat moment 'het stuur grepen' konden ze handbediend verder rijden. De overgrote meerderheid van bestuurders bleef op deze manier overschakelen aan het eind. Gevolg hiervan was een ongevoeligheid voor de noodzoemer en het genoemde rode stop-licht. Dat bleek dan ook uit de conditie met technisch falen, de chauffeurs reden gewoon handbediend door. Het verdient aanbeveling om het eind van de HOV baan op andere wijze, *auditief*, aan te kondigen zodat de noodzoemer in de toekomst ook daadwerkelijk als zodanig zal worden geïnterpreteerd.

In het experiment moest bij iedere halte gestopt worden. Op dit moment was de enige mogelijkheid om een halte die automatisch werd genaderd voorbij te rijden overschakelen naar handbediening. Dit lijkt niet wenselijk, helemaal niet indien een Phileas een "buiten dienst" route rijdt terug naar de remise! Oplossing zou kunnen liggen in een knop die standaard staat op "stoppen bij alle haltes" en die naar "niet stoppen" of " buiten-dienst" geschakeld kan worden.

Een aantal chauffeurs gaf aan niet tevreden te zijn over de knoppen waarmee de Phileas in de verschillende rijmodi werd gezet. Ook de locatie van de knoppen werd door hen niet optimaal gevonden. In het ideale geval wordt de Phileas in de drie verschillende modi gezet door een handle die ook drie standen kent, hand, half automaat, en volautomaat. De handle geeft aan in welke toestand de Phileas zich bevindt, en door een lampje zou aangegeven kunnen worden dat overschakeling naar automaat mogelijk is. De handle moet binnen bereik zijn en de rijmodus zou op het dashboard geïndiceerd moeten zijn, met drie duidelijk te onderscheiden lampen en niet (alleen) op het multifunctionele statusscherm. Dit statusscherm wordt in ieder geval door een aantal chauffeurs in het geheel niet geconsulteerd.

Overschakeling tussen de drie rijmodi wordt door de meerderheid als goed en niet storend ervaren. Een relatief grote groep beoordeelde overschakeling door een ruk aan het stuur negatief. Een enkele chauffeur merkte terecht op dat de 'ruk' aan het stuur alleen voor die situaties is waar intuïtief acuut om het gevaar heen gestuurd moet worden. Voor normaal overschakelen van volautomaat naar hand kan de knop gebruikt worden. Dit onderscheid dient bij de chauffeursopleiding aandacht te krijgen.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat werd waargenomen dat sommige chauffeurs een zeer effectieve strategie ontwikkelden. Zij schakelden voor een kruising over naar halfautomaat, en indien er geen "dreiging" was drukten ze op de groene knop en keerden daarmee vervolgens terug naar volautomaat. Ook dit gegeven wijst op de effectiviteit die van een adequate training in een simulator verwacht mag worden.

Aanbevelingen

Op basis van het simulatoronderzoek en de in het kader van een afstudeerproject uitgevoerde cognitief-ergonomische analyse (Alberda, 2003) kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden:

- **Indicatie rijmodus**

De rijmodus is niet altijd duidelijk en wordt niet op een ergonomisch verantwoorde locatie weergegeven (namelijk links bij de bedieningsknoppen en op het LCD scherm waarvoor relatief grote oog- en hoofdbewegingen nodig zijn). Een indicatie in welke van de drie modi de Phileas functioneert zou met een korte blik op het dashboard direct waarneembaar moeten zijn. Het LCD scherm dient hierbij niet als belangrijkste bron gebruikt te worden omdat dit scherm niet door iedereen geraadpleegd wordt, vanwege de locatie maar ook omdat het te veel informatie bevat om snel te overzien en onleesbaar kan worden bij direct invallend zonlicht. Als alternatief kan gedacht worden aan aparte indicatielampen indien mogelijk in combinatie met een kort geluidssignaal bij overschakeling tussen modi. Bij voorkeur krijgt elk der rijmodi dan een eigen toon ter herkenning.

- **Overschakelen tussen rijmodi**

Hier moet, met name ook in de training, onderscheid gemaakt worden tussen drie redenen van overschakelen waarbij vooral het terugnemen van de controle door de chauffeur centraal dient te staan: *naar vrije keuze, veiligheidshalve overnemen, en noodgedwongen overnemen.*

1. *De controle naar keuze overnemen of teruggeven met behulp van de rode en groene knop*
Vorm, grootte maar vooral de locatie van de knoppen is ergonomisch niet goed gekozen, vanwege (letterlijk) de onhandigheid met betrekking tot de bediening. Als alternatief kan gedacht worden aan een handle die ook op de tast feedback geeft over de rijmodus. Middels drie lampjes naast de drie posities van de handle zouden ook de mogelijke alternatieve bedieningswijzen aangeduid kunnen worden (bijvoorbeeld volledig automatisch rijden indien op de HOV strook). Als locatie werden door de chauffeurs de stuurkolom, of anders het direct zichtbare en gemakkelijk bereikbare deel van het dashboard genoemd.
2. *Veiligheidshalve overnemen, door gebruik van het rempedaal of rode knop*
Het gebruik van rempedaal om over te schakelen naar halfautomatisch is zonder problemen en verdient de voorkeur boven een knop vanwege de modaliteit van de overname.
3. *Noodgedwongen overnemen, door een ruk aan het stuurwiel, of indrukken rode knop*
Deze wijze van overschakelen is *alleen* bedoeld voor noodsituaties waarbij intuïtief een ruk aan het stuur gegeven wordt. Tegelijk op de rem trappen ligt voor de hand. Uitleg bij de training zou dit eenvoudig duidelijk kunnen maken aan de chauffeurs, enige oefening is vereist vanwege het grote effect van de beweging.

- **Inrichting bedieningspaneel**

De totale beoordeling door de chauffeurs is wel goed, met uitzondering van het hierboven al genoemde LCD scherm en overschakelingknoppen.

Het *LCD scherm* dient gebruikt te worden voor het nakijken van informatie (bij voorkeur *niet* tijdens het rijden), bijvoorbeeld de status met betrekking tot de exacte technische toestand van het voertuig, in verband met een mogelijke storing. De positie van het scherm is niet goed gekozen want het beeld valt frequent weg achter het stuurwiel. Niet acuut benodigde informatie kan worden weergegeven op het scherm, waarbij wel de gebruikte iconen en symbolen groter moeten worden weergegeven.

Een *schakelaar* waarmee haltes voorbijgereden kunnen worden is wenselijk.

De *teksten* op een aantal (tractie)knoppen kunnen minder technisch, bijvoorbeeld “Aggr. Start” zou “Start Motor” kunnen worden.

- **Indicatie ‘einde geleide infrastructuur’**

Bij het einde van de geleide infrastructuur moet niet het noodsignaal klinken indien de bestuurder niet zelf overschakelt naar handbediening. Hierdoor ontstaat een gewenning aan dit signaal in de verkeerde betekenis, namelijk niet als noodsignaal, met als gevolg dat echte technische storingen worden genegeerd. Het einde van de geleide infrastructuur moet niet (alleen) op het LCD scherm aangegeven worden, maar zou het best middels een auditief signaal aangekondigd kunnen worden, mogelijk ondersteund door een indicatielamp die aangeeft of er wel of geen geleiding in het wegdek aanwezig is dan wel gedetecteerd wordt.

- **Houding chauffeurs in verband met onverwachte gebeurtenissen**

De toekomstige chauffeurs dienen een gedegen training te krijgen om de vereiste, alerte houding ten aanzien van het functioneren van de Phileas in het verkeer aan te leren. Vanwege het automatisch karakter van het rijden met de Phileas (het gaat allemaal vanzelf immers) ligt dit niet voor de hand en moet er specifiek op onverwachte gebeurtenissen geoefend worden. Chauffeurs moeten daarom vooraf grondig getraind worden in het detecteren van, anticiperen op en hanteren van (mogelijk veel voorkomende) onverwachte, tijdskritische gebeurtenissen, zoals fietsers en voetgangers die (door rood) oversteken. Na enige (simulator) ervaring met deze situaties reageren bestuurders adequaat. In principe is een rijnsimulator hiertoe het meest geschikte medium vanwege de mogelijkheid echt kritische situaties aan te bieden.

Referenties

- Alberda, J. (2003). De Phileas; een onderzoek naar de bestuurderstaak en de inrichting van de bestuurderscabine. Groningen: Vakgroep Psychologie.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19, 775-779.
- Brooke, J. (1996). SUS –A “quick and dirty” usability scale. In P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester, and I.L. McClelland. *Usability Evaluations in Industry* (pp. 189-194). London: Taylor & Francis. Download from <http://www.cee.hw.ac.uk/~ph/sus.html>
- Brookhuis, K.A., De Vries, G., Prins van Wijngaarden, P., Veenstra, G., Hommes, M., Louwerens, J.W. & O' Hanlon, J.F. (1985a). *The effects of increasing doses of Meptazinol (100, 200, 400 mg) and Glafenine (200 mg) on driving performance* (Report VK 85-16). Haren, The Netherlands: Traffic Research Centre, University of Groningen.
- Desmond, P.A., Hancock, P.A., & Monette, J.L. (1998). Fatigue and automation-induced impairments in simulated driving performance. *Transportation research records*, 1628, 8-14
- De Waard, D., Van der Hulst, M., Hoedemaeker, M., & Brookhuis, K.A. (1999). Driver behavior in an emergency situation in the Automated Highway System. *Transportation Human Factors*, 1, 67-82.
- Hoedemaeker, M. (1999). *Driving with intelligent vehicles*. TRAIL Thesis series 99/6. Delft, The Netherlands: Delft University Press
- Jian, J.-Y., Bisantz, A.M., & Drury, C.G. (2000). Foundations for an empirically determined scale of trust in automated systems. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4, 53-71.
- Molloy, R., & Parasuraman, R. (1996). Monitoring an automated system for single failure: vigilance and task complexity effects. *Human Factors*, 38, 311-322.
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, 39, 230-253.
- Van der Laan, J.D., Heino, A., & De Waard, D. (1997). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research - Part C: Emerging Technologies*, 5, 1-10.
- Van Wolffelaar, P.C. & Van Winsum, W. (1995). Traffic simulation and driving simulation –an integrated approach. In *Proceedings of the Driving Simulator Conference (DSC'95)*. Toulouse, France: Teknea. Zie ook: http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov_sim.htm
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance*. New York: HarperCollins.
- Wiener, E.L. & Curry, R.E. (1980). Flight deck automation: promises and problems. *Ergonomics*, 23, 995-1011
- Zijlstra, F.R.H. (1993). *Efficiency in work behavior. A design approach for modern tools*. PhD thesis, Delft University of Technology. Delft, The Netherlands: Delft University Press.

Bijlage 1 Randomiseringslijst

Randomiseringslijst: In deze lijst staan per deelnemer het ritnummer

- dat van begin tot eind handgestuurd was
- waarin zich een technisch mankement voordeed
- waarin men een auto tegenkwam die zich illegaal op de HOV bevond (de andere keer waarin dat voorkwam was de handgestuurde rit)

PA =

Arriva

PH =

Hermes

Proef-Persoon	Handrit	Rit met Technisch falen	Rit met illegale auto
		(rit 5 of 7, niet hand-rit)	Handrit plus rit..:
PA 1	2	5	3
PA 2	3	7	8
PA 3	4	7	3
PA 4	5	7	2
PA 5	6	5	7
PA 6	7	5	4
PA 7	8	5	3
PA 8	2	7	3
PA 9	3	5	8
PA 10	4	5	7
PA 11	2	7	3
PA 12	3	5	6
PA 13	4	7	5
PA 14	5	7	8
PH 1	Geen	Geen	2
PH 2	Geen	Geen	3
PH 3	Geen	Geen	2
PH 4	Geen	Geen	3
PH 5	Geen	Geen	2
PH 6	Geen	Geen	3
PH 7	Geen	Geen	2
PH 8	Geen	Geen	3
PH 9	Geen	Geen	2
PH 10	Geen	Geen	3
PH 11	Geen	Geen	2
PH 12	Geen	Geen	3
PH 13	Geen	Geen	2
PH 14	Geen	Geen	3
PH 15	Geen	Geen	2
PH 16	Geen	Geen	3

Bijlage 2 statistische toetsen

p = overschrijding kans

NS = Niet significant

Toegepaste toets (tenzij anders vermeld): Herhaalde Metingen Variantie Analyse (GLM, Repeated Measures Manova in SPSS)

1e versus 2e experimentele (automatische) rit

<i>Maat</i>	<i>stat.</i>	<i>Sign (p =)</i>
Perc. Handbediend	F(1,23) < 1	NS
Perc Halfautomaat	F(1,23) = 4.25	0.051
Perc Volautomaat	F(1,23) = 3.15	0.089
BSMI	F(1,23) < 1	NS
Rijkwaliteit	F(1,23) = 26.8	<0.001

Incident 1

Min. TTC	F(1,24) = 1.92	NS
Snelheid	F(1,24) < 1	NS

Incident 2

Min. TTC	F(1,16) = 1.15	NS
RT	F(1,16) < 1	NS
Snelheid	F(1,23) = 1.75	NS

Incident 3

Min. TTC	F(1,15) = 2.12	NS
RT	F(1,17) = 3.18	(0.092)
Snelheid	F(1,23) < 1	NS

Trend; 1e -> 6e rit

<i>Maat</i>	<i>stat.</i>	<i>Sign (p =)</i>
Perc. Handbediend	F(1,10) lineair, kwadratisch	allen NS
Perc Halfautomaat	F(1,10) lineair, kwadratisch	allen NS
Perc Volautomaat	F(1,10) lineair, kwadratisch	allen NS
BSMI	Lineair F(1,10) = 3.0	NS
	Kwadratisch F(1,10) = 8.10	0.017
Rijkwaliteit	Lineair F(1,10) = 4.96	0.050
	Kwadratisch F(1,10) = 5.33	0.043

Incident 1

Min. TTC	Lineair F(1,11) < 1	NS
	Kwadratisch F(1,11) = 5.83	0.034
Snelheid	Lineair F(1,11) < 1	NS
	Kwadratisch F(1,11) < 1	NS

<i>Incident 2</i>		
Min. TTC	Lineair $F(1,7^*) < 1$	NS
	Kwadratisch $F(1,7) < 1$	NS
RT	Lineair $F(1,7) < 1$	NS
	Kwadratisch $F(1,7) < 1$	NS
Snelheid	Lineair $F(1,11) = 1.0$	NS
	Kwadratisch $F(1,11) < 1$	NS

<i>Incident 3</i>		
Min. TTC	Lineair $F(1,8) = 2.32$	NS
	Kwadratisch $F(1,8) < 1$	NS
RT	Lineair $F(1,8) < 1$	NS
	Kwadratisch $F(1,8) < 1$	NS
Snelheid	Lineair $F(1,11) < 1$	NS
	Kwadratisch $F(1,11) = 1.66$	NS

automatische ritten vs. handbediende rit

<i>Maat</i>	<i>stat.</i>	<i>Sign</i>
Snelheid '50 km/u'	$F(1,9) < 1$	NS
SD Snelheid '50 km/u'	$F(1,9) = 1.98$	NS
Snelheid '70 km/u'	$F(1,9) = 4.91$	(0.054)
SD Snelheid '70 km/u'	$F(1,9) = 22.7$	0.001
BSMI	$F(1,10) = 1.54$	NS
Rijkwaliteit	$F(1,10) < 1$	NS

<i>Incident 1</i>		
Min. TTC	$(1,10) = 5.12$	0.047
Snelheid	$(1,10) = 3.89$	(0.077)

<i>Incident 2</i>		
Min. TTC	$(1,6) = 1.21$	NS
RT	$(1,5) = 1.26$	NS
Snelheid	$(1,10) = 2.45$	NS

<i>Incident 3</i>		
Min. TTC	$(1,6) = 13.12$	0.011
RT	$(1,6) < 1$	NS
Snelheid	$(1,9) < 1$	NS

<i>Incident 4</i>		
Min. TTC	$(1,8) = 4.63$	(0.064)
Snelheid	$(1,8) = 4.11$	(0.077)

* minder vrijheidsgraden,; getoetst met selectie, ongevallen verwijderd

Vragenlijsten

Acceptatielijsten

	Betrouwbaarheid (Cronbach's α)
Voormeting, "usefulness"	0.736
Nameting, "usefulness"	0.799
Voormeting, "satisfying"	0.808
Nameting, "satisfying"	0.866

(Bedrijf = Arriva vs. Hermes, Ervaring = voor vs. nameting)

Hoofdeffect Bedrijf	Hotellings T = 0.06, NS
Hoofdeffect Ervaring	Hotellings T = 0.60, p = 0.003
Ervaring-Usefulness	F(1,25) = 12.0, p = 0.002 (Univariaat)
Ervaring-Satisfying	F(1,25) = 8.7, p = 0.007 (Univariaat)
Interactie Bedrijf x Ervaring:	
Usefulness	F(1,25) = 5.25, p = 0.031 (Univariaat)
Satisfying	F(1,25) < 1, NS (Univariaat)

SUS

Betrouwbaarheid (Cronbach's α)	0.823
t-test "Bedrijf"	t (df=26) = 1.14, NS

Correlaties:

(Pearson's r)	SUS	VU	NU	VS	NS
Voormeting "usefulness" VU	.14				
Nameting "usefulness" NU	.28	.67**			
Voormeting "satisfying" VS	.30	.73**	.54**		
Nameting "satisfying" NS	.54**	.69**	.74**	.68**	
Vertrouwenschaal	.51**	.43*	.48**	.49**	.58*

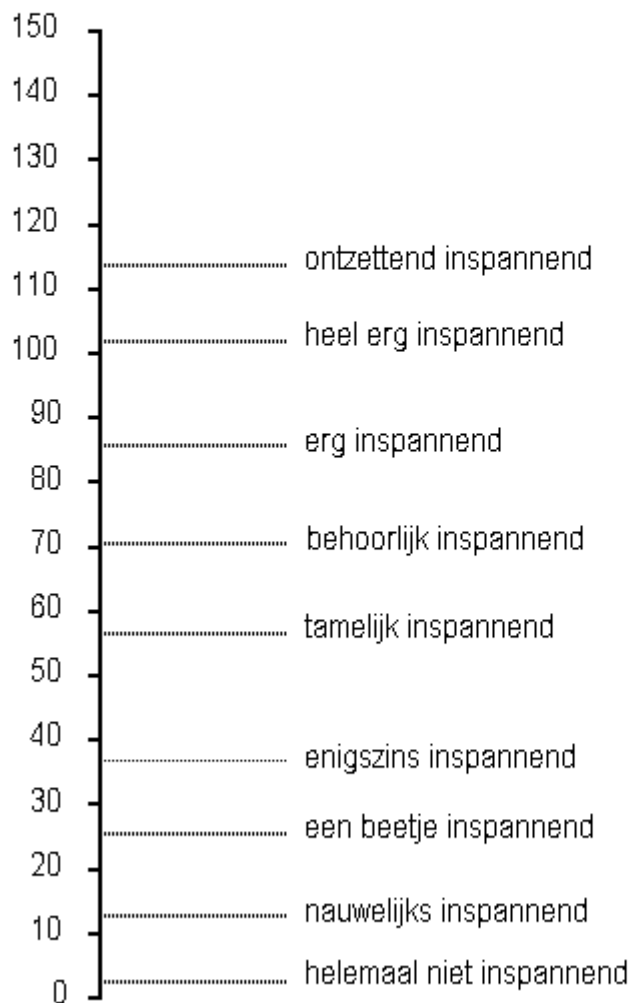
** = sign op 0.01 niveau (eenzijdig) * = sign op 0.05 niveau (eenzijdig)

Vertrouwenschaal

Betrouwbaarheid (Cronbach's α)	0.943
t-test "Bedrijf"	t (df=25) = 0.90, NS

Bijlage 3 De BSMI, beoordelingsschaal mentale inspanning

Wilt U door middel van het zetten van een streepje op onderstaande lijn aangeven hoeveel inspanning het U heeft gekost om deze taak uit te voeren



vóór de experimentele ritten

De VRAGEN

Stelt u zich voor dat u een bus bestuurt die automatisch rijdt. Bij een halte stoppen en weer weg rijden gebeurt ook volledig automatisch, u geeft door even op het gaspedaal te drukken aan dat u weg wilt rijden, het stuur en gaspedaal wordt vanaf dat moment weer automatisch bedient. U kunt altijd zelf controle over het voertuig krijgen door het stuur te grijpen en krachtig te sturen en/of door op de rem te trappen. Geef uw oordeel over een dergelijke bus door in onderstaande lijst op iedere regel een kruisje te plaatsen.

Een dergelijke automatische bus vind ik... (a.u.b. op *iedere regel* een kruisje plaatsen)

1	Nuttig	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zinloos
2	Plezierig	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Onplezierig
3	Slecht	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Goed
4	Leuk	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Vervelend
5	Effectief	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Onnodig
6	Irritant	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Aangenaam
7	Behulpzaam	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Waardeloos
8	Ongewenst	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Gewenst
9	Waakzaamheidverhogend	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Slaapverwekkend

Algemene vragen

- Hoe lang heeft u uw groot rijbewijs? jaar
- Hoeveel uren per week rijdt u momenteel uren
- Hoeveel jaren ervaring heeft u als buschauffeur? jaar
- Hoeveel kilometers heeft u in totaal gereden? ±..... km
- Rijdt u momenteel stads of streek vervoer?
O Stads
O Streek
- Wat is uw leeftijd?jaar
- Wat is uw geslacht?
O man
O vrouw

Pp No: P _____

Datum: ____/____/2003

Vragenlijsten –na de experimentele ritten

Geef uw oordeel over de Phileas (in automatische stand) door in onderstaande lijst op iedere regel een kruisje te plaatsen.

De Phileas vind ik... (a.u.b. op *iedere regel* een kruisje plaatsen)

1	Nuttig	_ _ _ _ _	Zinloos
2	Plezierig	_ _ _ _ _	Onplezierig
3	Slecht	_ _ _ _ _	Goed
4	Leuk	_ _ _ _ _	Vervelend
5	Effectief	_ _ _ _ _	Onnodig
6	Irritant	_ _ _ _ _	Aangenaam
7	Behulpzaam	_ _ _ _ _	Waardeloos
8	Ongewenst	_ _ _ _ _	Gewenst
9	Waakzaamheidverhogend	_ _ _ _ _	Slaapverwekkend

Graag weer op iedere regel een kruisje plaatsen. Indien u het antwoord niet weet, plaats dan een kruisje in het middelste vakje

10. Ik denk dat ik de Phileas vaak zou willen bedienen	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
11. Ik vond de Phileas onnodig ingewikkeld	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
12. Ik vond de Phileas makkelijk te bedienen	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
13. Ik denk dat ik de hulp van een technisch iemand nodig heb om de Phileas goed te kunnen bedienen	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
14. De verschillende functies van de Phileas waren op een goede manier bijeengebracht	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
15. Ik vond dat er te veel tegenstrijdigheden in de Phileas zaten	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
16. Ik denk dat de meeste mensen zeer snel de Phileas leren bedienen	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
17. Ik vond de Phileas onhandelbaar in gebruik	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
18. Ik voelde me erg zeker bij het bedienen van de Phileas	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens
19. Ik moest veel dingen leren voordat ik met de Phileas overweg kon	Niet mee eens	_ _ _ _ _	Mee eens

Hieronder staan een aantal uitspraken met betrekking tot de Phileas. Geef uw oordeel door op iedere regel een kruisje te plaatsen

20. Phileas is onbetrouwbaar	Helemaal niet	_ _ _ _ _ _ _	Heel erg
21. Phileas gedraagt zich achterbaks	Helemaal niet	_ _ _ _ _ _ _	Heel erg
22. Ik wantrouw de plannen of het gedrag van Phileas	Helemaal niet	_ _ _ _ _ _ _	Heel erg
23. Ik ben op mijn hoede voor Phileas	Helemaal niet	_ _ _ _ _ _ _	Heel erg
24. Phileas' gedrag zal schadelijke of nadelige gevolgen hebben	Helemaal niet	_ _ _ _ _ _ _	Heel erg

25. Ik vertrouw Phileas	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg
26. Phileas zorgt voor veiligheid	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg
27. Phileas is integer en onkreukbaar	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg
28. Phileas is betrouwbaar	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg
29. Phileas is te vertrouwen	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg
30. Ik kan op Phileas rekenen	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg
31. Ik ben vertrouwd met Phileas	Helemaal niet _ _ _ _ _ _ _ Heel erg

Rijden in verschillende voertuig-toestanden

Zoals u weet kan de Phileas op verschillende manieren rijden, namelijk

- 1) **Volautomatisch**, stuur en gas worden automatisch geregeld
- 2) **Half automatisch**, als ‘tram’, het stuur wordt automatisch geregeld, de snelheid wordt door de bestuurder bepaald
- 3) **Handmatig**, als ‘bus’ weliswaar met automatische versnellingsbak, maar stuur en snelheid worden door de bestuurder geregeld

Gedurende een rit kon en moest u soms overschakelen tussen deze bedieningswijzen. De volgende vragen gaan over deze bedieningswijzen, en wat u vindt van de overschakeling van de ene bedieningswijze naar de andere.

Voorkeur.

Geef u alstublieft **per situatie** (dus op iedere regel) aan welke bedieningswijze uw voorkeur had;

<i>Bediening:</i>	Vol-automatisch	Half-automatisch ('Tram')	Handmatig ('Bus')
Situatie			
32. Rijden op de vrije busbaan	O	O	O
33. Naderen halte op de vrije busbaan	O	O	O
34. Halt houden ('halteren') op de vrije busbaan	O	O	O
35. Vertrekken bij een halte op de vrije busbaan	O	O	O

Overschakelen

Door middel van de bediening van verschillende knoppen of pedalen kon worden overgeschakeld van de ene naar de andere rij-wijze

<i>Beginsituatie</i>	Bediening	Eindsituatie
----------------------	------------------	---------------------

Handbediend of Half-automaat	Groene knop	Volautomaat
Vol- of half-automaat	Rode knop	Handbediend
Vol- of half-automaat	Stuur	Handbediend
Volautomaat	Rem	Half-automaat

Om van Handbediend in Half-automaatstand te komen moest eerst de groene knop worden gedrukt ('volautomaat'), en vervolgens op de rem getrapt worden. Volautomatische bediening kon alleen indien op het scherm de melding "Volautomatisch rijden mogelijk" zichtbaar was.

Rij-wijze

Tijdens het rijden stond de Phileas in één van de drie rij-wijzen; vol-automaat, half-automaat (tram), of handbediend (bus). De knoppen links gaven deze toestand aan; groen voor vol-automaat, groen knipperend voor half-automaat, rood voor handbediend.

36. Was het voor u altijd duidelijk in welke rij-wijze de Phileas stond? Nee, nooit Ja, altijd

Indien van toepassing, wanneer vond u de rijwijze niet duidelijk. Heeft u suggesties ter verbetering?

.....

Ingevulde antwoorden:

H03 Stand van rijwijze is duidelijk aangegeven.

H05 Het zal gewenning zijn, maar indicatielampjes op het dashboard zou duidelijker zijn.

H07 (Niet duidelijk:) wanneer overgeschakeld moest worden naar handbediening.

H08 (Niet duidelijk:) Na een ingreep.

H11 Knoppen meer in zichtveld van chauffeur, nu moest ik enkele keren links kijken om te controleren van de rijstand.

H13 (Niet duidelijk:) Als ik zelf had ingegrepen met de rem en daarna ging rijden.

A04 Meer gebruik van geluidssignaal.

A05 Duidelijk ledjes die bij de controlelampjes (midden op dashboard) zitten om rijwijze aan te geven.

A07 Groene lamp zit (te) dicht bij andere rode lampen (van de deuren). Groene lamp zit niet duidelijk in het zicht. Af en toe twijfelde ik of de automaat wel in werking was. Op zo'n moment moet je dan gericht naar de lamp kijken. Een plaats recht voor, boven het stuur lijkt mij beter.

A08 Scherm verplaatsen (stuur belemmert zicht)

A09 (Niet duidelijk:) op het moment van uitvallen systeem, je gaat nl. eerst corrigeren en dan kijken in welke stand je rijdt

A14 Scherm niet goed

De rode en groene knop

Wat vond u van ...

37. De plek waar deze knoppen zaten Slecht Goed

38. De kleur van de knoppen Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed
39. De vorm van de knoppen Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed
40. De grootte van de knoppen Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed
41. De bediening van de knoppen Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed

Eventueel opmerkingen:

.....

Inge vulde antwoorden:

- H03 De vorm van de knoppen (maar is misschien een kwestie van gewenning) moest ik zoeken.**
- H04 Op het stuur**
- H05 Rood staat voor alarm/gevaar, etc. Waarom niet geel, (maar kleur maakt in principe niet uit.)**
- H07 Knoppen graag in direct zichtveld.**
- H08 Beter wanneer een knop boven de rand uitsteekt en groter uitgevoerd (sneller te bereiken).**
- H09 Het zouden wel bolknoppen moeten zijn, zijn makkelijker te bedienen.**
- H11 Meer onder handbereik plaatsen.**
- H14 Doordat de knoppen in de nabijheid van de deurbediening zaten, waren deze goed en snel te bedienen.**
- H16 Teveel naar de zijkant, liever meer in de rijrichting lees gezichtsvermogen.**
- A01 Knoppen onder handbereik op dashboard.**
- A04 De knoppen zitten te dicht bij de deurknoppen. Alternatief deurknoppen niet verplaatsen, maar Phileas-knoppen op oogzicht op dashboard.**
- A05 Deurknoppen op stuur of handle zoals Retander (?) op touringcars.**
- A08 Schakelaar aan het stuur plaatsen d.m.v. hendel (net als Richting aanwijzer schakelaar)**
- A09 Maak er stuurbediening van m.b.v. peddels o.i.d.**
- A11 Tuimelschakelaars werken beter doordat je die gemakkelijker kunt bedienen**
- A14 Knoppen op het stuur**

Groene knop

42. Wat vond u van deze manier van overschakelen Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed
naar 'automaat' door middel van een druk
op de groene knop?

Eventuele opmerkingen/ suggesties over de groene knop :

.....

Inge vulde antwoorden:

- H03 Overschakeling van automatisch naar handbediend duidelijker aangeven d.m.v. een signaal.**

H09 Bolknop.

H14 Eventueel een geluidsbevestiging zodat deze een duidelijk signaal geeft dat deze in automaat staat.

A05 Positie slecht

A08: Knop niet direct onder handbereik. Moet af en toe zoeken naar de knoppen (misschien kwestie van wennen)

A09 Maak er stuurbediening van m.b.v. peddels o.i.d.

A11 Tuimelschakelaars (zie vraag 41)

Rode knop / stuur

Om de (half)automatische toestand te verlaten en als een bus controle over het voertuig te krijgen kon u de rem intrappen, de rode knop bedienen of een ruk aan het stuur geven. De eerste vragen gaan over de rode knop en stuur.

43. Wat had uw voorkeur bij deze overschakeling? O rode knop
O stuur
O geen voorkeur

44. Wat vond u van deze manier van overschakelen door middel van een druk op de rode knop? Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed

45. Wat vond u van deze manier van overschakelen door middel van een ruk aan het stuur? Slecht |_|_|_|_|_|_| Goed

46. Eventuele opmerkingen/ suggesties (vooral indien u bij een van bovenstaande vragen 'slecht' heeft ingevuld):

.....
Ingevulde antwoorden:

H03 Dit zou ondersteund moeten worden met geluidsignaal.

H06 Na ruk aan stuur meteen scherp naar links, moeilijk te corrigeren.

H08 Slecht onder normale omstandigheden wanneer uitwijken noodzakelijk is, is dit de enige juiste manier.

H09 Gevaar bij tegenliggers.

H11 Vind ik geen veilig idee om plotseling aan het stuur te trekken. Ik zou tegen een ander (links of rechts) voertuig aan kunnen rijden.

A02 Het is in normale situaties niet gebruikelijk om aan stuur een ruk te geven.

A04 Door een ruk aan het stuur te geven, beïnvloed je het rijgedrag, dus komt de veiligheid in gevaar.

A05 Ruk aan stuur voor noodsituaties., Een goede knop voor normaal., Halfautomaat vond ik helemaal niet fijn rijden.

A07 In mijn poging tot overschakelen met het stuur schoot de bus aan de andere kant de berm in (oversturen)

A09 Brengt een schrikreactie teweeg bij klanten

A11 Zit je te snel op andere rijbaan. Moet je direct weer corrigeren

Rem

Om de vol-automatische toestand te verlaten en half-automatisch als een tram verder te rijden diende u de rem in te trappen.

47. Wat vond u van deze manier van overschakelen door middel van bediening van de rem? Slecht |_|_|_|_|_| Goed

48. Eventuele opmerkingen/ suggesties (vooral indien u bij bovenstaande vraag ‘slecht’ heeft ingevuld):

.....

Ingevulde antwoorden:

H07 Dit zou ik liever doen d.m.v. een knop.

A04 Ik ervaarde dit als veilig.

A10 Een rem is om te stoppen en niet om een verandering in het systeem door te voeren

49. Moest u voor uw gevoel vaak overschakelen? Weinig |_|_|_|_|_| Vaak

50. Wat vindt u van het feit dat u tijdens een rit moet overschakelen? Slecht |_|_|_|_|_| Goed een aantal keer

51. Heeft u verder nog opmerkingen over het overschakelen of de besturing van de Phileas??

.....

Ingevulde antwoorden:

H07 Overschakelen graag d.m.v. knoppen.

H13 Je moet vertrouwen in het voertuig hebben en in je overige weggebruikers.

A05 Handbediening reed het fijnst. Volautomatisch ook ok, maar niet minder spannend. Tramstand vond ik van alles niks.

A07 Tijdens het vol-automatisch rijden wist ik niet waar ik mijn handen moest plaatsen. Ook mijn rechter voet hing maar wat boven het rempedaal, klaar om in te grijpen

A08 Knoppen beter onder handbereik zonder stuur los te laten. Schakelaar aan de stuurkolom

Cabine

52. Vindt u de inrichting van het bedieningspaneel overzichtelijk? Niet overzichtelijk |_|_|_|_|_| Overzichtelijk

Eventueel opmerkingen:

.....

Ingevulde antwoorden:

H05 goed op de plaats van de groene knop en rode knop na.

H07 Schakelknoppen graag op dashboard.

- H14 Statusdisplay in sommige situaties niet goed te zien i.v.m. stand van het stuur.
- H16 Buiten groene/rode knop geen opmerkingen.
- A01 Dashbord loskoppelen van stuurkolom, betaaltafel minimaal 15 graden draaien.
- A05 Teveel info op display.
- A08 Scherm niet goed te zien. Stuur zit ervoor.

53. Wat vindt u van het statusscherm (groene scherm) van de Phileas? Onduidelijk | Duidelijk

Eventueel opmerkingen:

.....

Ingevulde antwoorden:

- H05 Symbolen zijn grafisch iets minder.
- H08 Bij mijn simulatie zaten de stuurwielspaken in de weg.
- H13 Eventueel met zonlicht denk ik moeilijk te zien.
- H16 Moet beter in beeld zijn niet achter het stuur.
- A01 Te veel info en symbolen (leidt af). Indien nodig dan de nodige info.
- A05 Ik mis duidelijke automaat/hand/tram stand.
- A07 De waarschuwing om gebruik te kunnen maken van de automaat is wat ongelukkig gekozen. Een belletje is volgens mij duidelijker. Ik keek niet of nauwelijks op dit scherm, iets wat ik trouwens nu ook niet doe op de "gewone" bus
- A08 Heeft eigenlijk niet veel zin en is slecht te zien
- A09 Indien er alleen leesbare opmerkingen komen (of symbolen). Codes e.d. leiden af.
- A14 Te veel boodschappen over deuren

54. Indien u opmerkingen heeft bij (een van de) knoppen zichtbaar in de foto, omcirkel dan de knoppen en geef uw commentaar.



.....
Ingevulde antwoorden:

H05 Waarom eerste letter groot? Waarom niet start, stop, schoon, reset, nood of alarm?

A05 Knoppen moeten ook halfverlicht zijn net als de andere knoppen met de buitenverlichting mee.

A07 "Aggr." Zou misschien "motor" kunnen zijn

A08 Is op zich wel goed en overzichtelijk



.....
Ingevulde antwoorden:

H05 "D + R" is gebruikelijk.

H13 Ik heb geen idee wat de knoppen betekenen.

A08 Zit ook wel goed



Ingevulde antwoorden:

H03 Ligger te diep waardoor je moet zoeken.

H08 Zoals gezegd, liever als opliggende knoppen i.p.v. verzonken.

H09 Deze knoppen zouden bol moeten zijn.

A01 Verplaatsen naar dashboard.

A05 Automaatknoppen slecht geplaatst, te ver af. Alle knoppen die niet Mercedes zijn hebben een hoog hobby-gehalte. Ze komen zo van de groothandel.

A08 Eigenlijk d.m.v. schakelaar aan het stuur. Moet nu af en toe zoeken naar de knoppen. Kan ook zijn dat ik er aan moet wennen

A09 (omcirkeling knoppen rechter foto) plaatsen op stuur

**A10 (omcirkeling knoppen rechter foto) Moeten een andere kleur en model hebben.
Tuimelschakelaars zijn beter en gemakkelijker te bedienen dan de knoppen die er nu zitten**

55. Kunt u van elk van de onderstaande punten in volgorde aangeven hoe belangrijk u ze vindt (1 = belangrijkste t/m 7 = onbelangrijkste). De volgorde is onafhankelijk van of dat nu daadwerkelijk mogelijk is tijdens het rijden met de Phileas. Lees eerst alle mogelijkheden en vul dan pas uw cijfers in. In elk hokje moet dus een ander cijfer komen te staan.

	Volgorde van belangrijkheid (1= belangrijkste)
Genieten van de omgeving	...
De eigen snelheid kunnen bepalen	...
Ontspannen rijden	...
Veilig rijden	...
Snel rijden	...
De kick van het rijden zelf	...
Het kunnen doen van andere activiteiten tijdens het rijden (bijvoorbeeld het luisteren naar de radio of het helpen van passagiers)	...

Hartelijk dank voor uw deelname aan dit onderzoek!

Bijlage 5. Integratie Phileas mock-up met rijnsimulator

Peter C. Van Wolffelaar
Rekencentrum RuG
p.c.van.wolffelaar@rc.rug.nl

Algemeen

De Phileas mockup is voor het onderzoek functioneel gekoppeld aan de RuG-rijnsimulator. In fysieke zin is de verbinding met de simulator gelegd via een analoge en digitale data acquisitie kaart (DAC) waarmee data van en naar de mock-up worden gestuurd. In de mockup is de standaard boordcomputer operationeel. Hierin is voor gebruik bij de rijnsimulator door APTS een serie uitgaande en inkomende signalen beschikbaar gemaakt middels klembord contacten. Deze contacten worden via een hiervoor ontwikkelde hardware interface gekoppeld aan de DAC (zie bijbehorende documentatie-CD van P. Albronda). Op deze wijze kunnen cabine schakelaars (paneelknoppen, richtingaanwijzer etc) en signalen van positieopnemers (gas, rem) door de simulator worden gelezen en kunnen paneelindicatoren (snelheidsmeter, lampjes, boordcomputer scenario's) door de simulator worden teruggezonden. Aan de stuuras in de mockup is een servomotor met bijbehorende besturingsinterface gemonteerd waarmee enerzijds de stuurposities naar de simulator kunnen worden doorgegeven en andersom dynamische tegenkrachten op het stuur kunnen worden gezet.

Op deze wijze worden binnen een hoogfrequente (250-500 cps) gesloten lus de bedieningssignalen naar de simulator gestuurd, verwerkt binnen de software voor het dynamische voertuigmodel en de scenarioafhandeling, en de resulterende signalen en stuurtorsiekacht naar de mockup teruggevoerd.

Servomotor voor besturing

De toegepaste servomotor voor de besturing is een koolborstelloze servomotor van het fabriektype PARVEX. Dit type motor heeft een uitzonderlijk lineaire torsiekarakteristiek (= gelijkmatige krachtverdeling over de draaicirkel) waardoor deze zeer geschikt is voor het genereren van torsiekrachten op de stuuras. De motor is direct aan de stuuras gekoppeld. Aan de uitgang heeft de motor een 1:5 planetaire tandwieloverbrenging. Hiermee wordt het bereik van de torsiekrachten met een factor 5 vergroot tot 45 Nm bij maximale aansturing. Een nadeel is dat deze overbrenging de wrijvingskracht vergroot. In het experiment is de maximale stuurkracht begrenst tot 15 Nm en volgens de door APTS geleverde grafische relatie tussen stuurhoek en -kracht. De dynamische aansturing van de driefasen electromagneten in de motor wordt verzorgd in de electronica binnen de bijbehorende servo-versterker. Deze interface berekent ook de analoge signalen voor stuurpositie en opgenomen stuurstroom. Deze laatste wordt in deze opstelling gebruikt als maat voor de uitgeoefende kracht op het stuur en de detectie voor overname op handbediening van het stuur door de bestuurder.

Simulatie voertuigmodel.

Het standaard rekenkundig voertuigmodel in de RuG-simulator omvat een mechanisch model van een personenauto waarin motor, mechanische koppeling, versnellingsbak en wielophanging zijn gemodelleerd. De Phileas is een geheel andersoortig aangedreven voertuig. Hiervoor is een nieuw model in de simulator toegevoegd dat aandrijving- en remkrachten genereert volgens de door APTS aangeleverde grafieken. De acceleratie van de Phileas in de semi-automatische en handmatige rijmodus is nu de waarde (0-1) van de stand van het gaspedaal, vermenigvuldigd met de maximale waarde uit de tabel bij de gegeven rijnsnelheid. De stand van het rempedaal wordt op analoge wijze vermenigvuldigd met de waarde in de deceleratie-kromme. Wanneer gas en rempedaal worden losgelaten is er een geringe deceleratie als gevolg van luchtweerstand en wrijving. In de automatische rijmodus volgt de Phileas de maximale acceleratie en deceleratie uit de tabellen.

De motor levert alleen aandrijvingskrachten nadat deze is gestart met de knop op het dashboard, Motorgeluid komt uit een sample van een automotor met een verlaagde frequentie. Dit levert een brommend toerental analoog aan de rijnsnelheid. De werkelijke geluiden in de Phileas zijn complex van opbouw en moeilijk na te bootsen. De gebruikte geluiden geven een geloofwaardig alternatief.

