

Rapport d'étude n° 2018-R-13-FR

L'impact de la conduite assistée sur le comportement

Une étude de poursuite oculaire sur route sur l'influence de la position des systèmes de navigation

L'impact de la conduite assistée sur le comportement

Une étude de poursuite oculaire sur route sur l'influence de la position des systèmes de navigation

Rapport d'étude n° 2018-R-13-FR

Auteurs : Desmet, C., Van Belle, G., Torfs, K., Teuchies, M. & Boets, S.

Éditeur responsable : Karin Genoe

Éditeur : Institut Vias – Centre de connaissance Sécurité routière

Date de publication : 16/05/2019

Dépôt légal : D/2018/0779/94

Veuillez faire référence à ce document comme suit : Desmet, C., Van Belle, G., Torfs, K., Teuchies, M. & Boets, S. (2019) L'impact de la conduite assistée sur le comportement. Une étude de poursuite oculaire sur route sur l'influence de la position des systèmes de navigation. Bruxelles, Belgique : Vias Institute – Centre de connaissance Sécurité routière.

Ce rapport est également disponible en néerlandais sous le titre : « De impact van geassisteerd rijden op gedrag. Een oogbewegingsstudie op de weg naar de invloed van de positie van navigatiesystemen. »

This report includes a summary in English.

Cette étude a été possible grâce au soutien financier du Service public fédéral Mobilité et Transports.

Remerciement

Les auteurs et l'institut Vias souhaitent remercier les personnes et organisations suivantes pour leur aimable contribution à cette étude :

- Brecht Pelssers pour la programmation des questionnaires et son aide intensive pour le travail de terrain.
- Peter Silverans, Kevin Diependaele et Wouter Van den Berghe pour leur apport constructif lors de la conception de l'étude.
- Kristel Verachtert pour le soutien administratif.
- Ilse Harms (Université de Groningen) et Julie Delzenne, responsables de la révision externe et interne du présent rapport, pour leurs propositions et conseils pertinents pour améliorer encore ce rapport.

La responsabilité exclusive du contenu du rapport incombe toutefois aux auteurs.

Contenu

Liste des tableaux et figures	5
Résumé	6
1 Introduction	14
2 Études	18
2.1 Étude par questionnaire	18
2.1.1 Méthodologie et échantillonnage	18
2.1.2 Résultats	18
2.1.3 Discussion	24
2.2 Étude de poursuite oculaire	25
2.2.1 Méthode	25
2.2.2 Analyses	28
2.2.3 Résultats	30
2.2.4 Discussion	36
3 Conclusions et recommandations	40
3.1 Conclusions	40
3.2 Pistes pour la poursuite de la recherche	41
3.3 Recommandations	42
Références	44
Annexes	48
Annexe 1 : Aperçu des cellules de stratification	48
Annexe 2 : Questionnaire complet tel qu'il a été utilisé dans l'étude en ligne	49
Annexe 3 : NASA Task load index	54
Annexe 4 : Questionnaire proposé sur une tablette à la fin de l'étude de poursuite oculaire	55

Liste des tableaux et figures

Tableau 1	Pourcentage de participants disposant d'un système de navigation par groupe d'âge. _____	19
Tableau 2	Pourcentages associés à l'utilisation de différents systèmes de navigation selon la catégorie d'âge et moyenne. _____	20
Tableau 3	Aperçu du nombre de km et du nombre d'instructions pour les deux parcours de familiarisation et les deux parcours d'essai. _____	26
Tableau 4	Aperçu du nombre de parcours inclus dans les analyses pour chaque zone de l'étude. _____	29
Tableau 5	Aperçu du pourcentage moyen du temps total passé à regarder, du nombre de fixations et de la durée moyenne de fixation individuelle, par zone d'intérêt pour les deux positions de navigation (pare-brise, fixe). Les différences significatives selon la méthode « joint test » sont indiquées en caractères gras accompagnées d'un '*' pour les seuils réellement significatifs ($p \leq .05$) et d'un '(*)' pour les seuils marginalement significatifs ($p > .05$ et $\leq .07$). _____	35
Figure 1	A. Emplacement autorisé (zone ombrée) d'un appareil de navigation selon le Code de la route luxembourgeois (Ministère du Développement durable et des Infrastructures, 2016). B. Conseils sur la position du système de navigation selon le fabricant de systèmes de navigation TomTom (TomTom, 2013). _____	16
Figure 2	Pourcentage de conducteurs utilisant un support pour un système de navigation portable. ____	20
Figure 3	À gauche : le pourcentage de conducteurs qui placent un support sur le pare-brise, sur le tableau de bord ou à un autre endroit. À droite : le pourcentage de conducteurs qui placent leur système portable dans la zone 1-10. _____	21
Figure 4	Pourcentage de conducteurs utilisant un support pour smartphone ou tablette lors de l'utilisation d'une appli de navigation. _____	22
Figure 5	Gauche: le pourcentage de conducteurs qui placent un support pour smartphone ou tablette à différents endroits de la voiture. Droite: le pourcentage de conducteurs qui fixent leur support dans les 10 compartiments du pare-brise. _____	23
Figure 6	Illustration des deux configurations « Pare-brise » et « Fixe » qui ont été utilisées dans l'étude de poursuite oculaire. _____	24
Figure 7	À gauche : configuration en position pare-brise. À droite : configuration en position fixe. En bas : Lunettes de poursuite oculaire « pupil headset » _____	27
Figure 8	Distribution de la fréquence des durées de fixation par position du système de navigation. Les fixations inférieures à 150 ms et supérieures à 609 ms n'ont pas été incluses dans les analyses. _____	31
Figure 9	Pourcentage du temps total de fixation enregistré sur chaque zone d'intérêt, séparément pour les parcours où le système de navigation était placé en position fixe ou sur le pare-brise. (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .05$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '*'. _____	32
Figure 10	Pourcentage de fixations individuelles par zone d'intérêt et position du système de navigation (pare-brise, fixe), proportionnellement au nombre total de fixations enregistrées. (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .05$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '*'. _____	33
Figure 11	Durée des fixations individuelles par zone d'intérêt et position du système de navigation (pare-brise, fixe). (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .07$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '(*)'. _____	34
Figure 12	Score de la charge de travail de la NASA par sous-échelle et position du système de navigation (pare-brise, fixe). (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .07$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '(*)'. _____	36

Résumé

Introduction

Les systèmes de navigation numériques tels que les appareils de navigation portables (ou non intégrés), les appareils de navigation intégrés (ou fixes) et les applications de navigation sur smartphone ou tablette sont devenus incontournables dans la voiture. L'étude a montré qu'ils ont généralement un effet positif sur les prestations de conduite. Cependant, ces appareils restent une source de distraction, leur utilisation impliquant une répartition de l'attention entre l'appareil et la route. Cette distraction pourrait porter atteinte à la sécurité. De nombreuses études consacrées à l'utilisation sûre d'appareils de navigation numériques portent sur la conception de l'appareil lui-même et/ou sur l'interaction de l'utilisateur avec le système.

Le présent rapport se concentre sur un troisième facteur connu pour avoir un impact sur la sécurité, à savoir la position du système dans la voiture. Cette position semble avoir une influence à la fois sur les prestations de conduite et sur la répartition de l'attention des conducteurs entre le système de navigation et la route. La position du système situé en dehors du champ visuel réduit la vitesse de réaction et le contrôle du véhicule et diminue la facilité d'utilisation.

Il n'est cependant pas possible de déduire de la littérature quelle position serait optimale. Selon les directives utilisées par les constructeurs de véhicules et d'appareils de navigation, le système doit être facilement visible, sans obstruer la vue sur la route. La législation belge ne comporte pas de règles spécifiques en matière d'utilisation ou de position pour les appareils de navigation.

L'objectif de la présente étude était double. D'une part, nous souhaitions étudier la façon dont les systèmes de navigation numériques sont utilisés par la population belge. Et d'autre part, nous voulions examiner l'impact des positions les plus couramment utilisées en Belgique sur la sécurité et la répartition de l'attention visuelle.

Étude par questionnaire

Un échantillon représentatif de 1 182 automobilistes belges titulaires d'un permis de conduire depuis au moins deux ans et ayant parcouru au moins 1 500 km par an a rempli un questionnaire en ligne. On a demandé aux participants de quels systèmes de navigation ils disposaient, quels types de systèmes ils utilisaient en pratique, où ils étaient fixés et quelle était leur attitude face à ces systèmes.

Les résultats montrent que 87 % des automobilistes possèdent un ou plusieurs systèmes de navigation numériques. La moitié d'entre eux (50 %) disposent d'un système intégré. Environ la moitié (47 %) possèdent en outre un système portable et environ un tiers (34 %) déclare avoir une application de navigation sur son smartphone.

En pratique, ce sont souvent les systèmes intégrés qui sont utilisés (43 %). Les systèmes portables (32 %) et les applications via smartphone (24 %) sont moins fréquemment utilisés. De plus, il semble que de nombreux conducteurs se dirigent sur la base des panneaux directionnels (57 %) et que les cartes et les itinéraires papier ne sont presque plus utilisés (10 %).

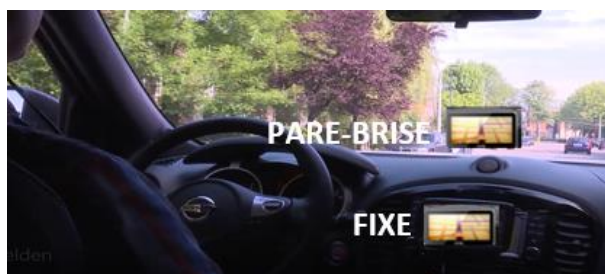
Quatre-vingts pour cent des conducteurs utilisant des systèmes portables ont souvent ou toujours recours à un support. Dans le cas du smartphone, ce pourcentage est de seulement 46 %. Le pare-brise (74 %) est la position de fixation la plus populaire pour les appareils portables, l'appareil étant, dans 60 % des cas, fixé au centre du pare-brise, à la partie inférieure. Lorsque le smartphone est fixé, il est généralement placé sur la grille de ventilation (45 %) ou le pare-brise (27 %). Lorsqu'aucun support n'est utilisé, l'appareil est surtout placé entre le levier de vitesses et la console centrale du véhicule, ou déposé sur le siège passager.

De plus, la plupart des utilisateurs de systèmes de navigation numériques utilisent à la fois les informations visuelles et les messages audio (79 %), la majorité des utilisateurs trouvent leur système de navigation fiable (89 %) et clair (69 %) et seuls 7 % trouvent que le recours à un système/une application de navigation dans la voiture est dangereux.

Étude de poursuite oculaire

La deuxième partie de l'étude visait à étudier les différences en terme de répartition de l'attention et de facilité d'utilisation entre les deux positions de fixation les plus couramment utilisées en Belgique pour le système de navigation. Les deux positions ont été déduites à partir de l'étude préliminaire par questionnaire : la console centrale de la voiture, où les appareils intégrés et le smartphone sont souvent fixés (ci-après dénommé position « fixe ») et la partie centrale et inférieure du pare-brise (ci-après dénommé position « pare-brise »), où sont souvent placés les appareils de navigation portables ainsi que les smartphones (cf. Figure A).

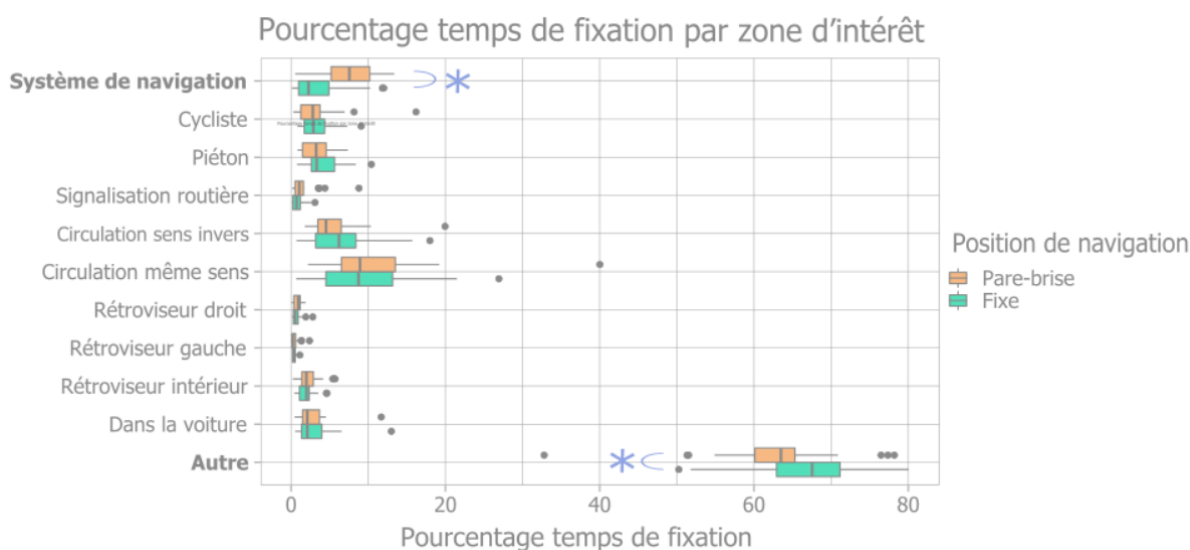
Figure A Illustration des configurations « Pare-brise » et « Fixe » considérées dans l'étude de poursuite oculaire.



Un échantillon de 27 personnes a réalisé deux parcours sur la voie publique, chacun des deux parcours étant consacré à chacune des deux positions du système de navigation considérées dans la présente étude. Chaque participant devait être titulaire d'un permis de conduire depuis au moins deux ans, parcourir au moins 1 500 km par an et être habitué à l'utilisation de systèmes de navigation numériques. Lors d'un parcours, l'appareil était placé sur le pare-brise, et lors de l'autre parcours, il était en position fixe. L'ordre des parcours et la position des systèmes de navigation ont été contrebalancés. Le regard du conducteur a été surveillé en permanence durant tout le parcours à l'aide d'un enregistrement de la poursuite oculaire. Après chaque parcours, les participants ont indiqué à quel point ils ont trouvé le parcours difficile à l'aide de six sous-échelles du questionnaire de la NASA sur la charge de travail. Après le dernier parcours, ils ont rempli un questionnaire sur leur propre système et sur l'utilisation des systèmes de navigation, sur la façon dont ils les fixent, sur les informations qu'ils utilisent et sur leurs comportements à l'égard des systèmes de navigation numériques.

Lorsque le système de navigation était fixé au pare-brise, les participants passaient environ deux fois plus de temps à regarder (7,4 %) l'appareil que lorsqu'il était en position fixe (3,5 %) (voir Figure B).

Figure B Pourcentage du temps total de fixation enregistré sur chaque zone d'intérêt sélectionnée, séparément pour les parcours où le système de navigation était placé en position fixe ou sur le pare-brise. (Box plot: Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .05$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un astérisque '*'.



Le nombre de mouvements des yeux vers le système de navigation a suivi le même schéma significatif : la position fixe comptabilise moins de la moitié de fixation que la position au pare-brise (3,5% vs. 7,3 %). Par ailleurs, les fixations individuelles sur l'appareil de navigation au pare-brise ont en moyenne duré un peu plus longtemps (242 ms) que celles en position fixe (225 ms).

Outre un plus grand nombre de fixations et un temps plus long passé à regarder le système de navigation en position pare-brise, 78 % des participants ont également indiqué que cette position était plus facile pour naviguer que la position fixe. Lorsque l'appareil se trouvait en position fixe, un peu plus de participants ont éprouvé une certaine frustration que lorsque l'appareil était fixé au pare-brise.

Les résultats ne permettent pas d'affirmer que le système de navigation au pare-brise cause davantage de distraction visuelle. Les participants ont, il est vrai, regardé l'appareil en position pare-brise plus longtemps et plus souvent, mais les fixations individuelles ont également duré un peu plus longtemps, ce qui suggère que les fixations étaient conscientes et non le résultat d'une distraction visuelle involontaire. De plus, les participants ont éprouvé moins de frustration avec la fixation de l'appareil au pare-brise et la grande majorité d'entre eux a également trouvé qu'il était plus facile de naviguer avec le système en position pare-brise qu'en position fixe.

En position fixe, le temps passé à regarder le système de navigation était moindre et les fixations étaient plus limitées et plus courtes. Cela suggère un mécanisme de compensation dans le comportement visuel des participants pour pallier la plus grande distance entre le système de navigation en position fixe et la vue centrale sur la route.

Les différences observées dans les mouvements des yeux, l'expérience et les préférences confirment donc l'hypothèse selon laquelle une distance plus faible entre l'appareil et le centre du champ visuel pendant la conduite facilite le déplacement et la répartition de l'attention visuelle entre l'environnement routier et le système de navigation.

Toutefois, les différences au niveau de la fixation entre les deux positions doivent être interprétées avec prudence, car des inexactitudes dans l'enregistrement des coordonnées de la poursuite oculaire peuvent potentiellement jouer un rôle. Les différences réelles entre les deux positions peuvent donc être plus ou moins importantes que celles observées ici.

Conclusions et pistes pour les recherches ultérieures

L'enquête en ligne montre que les appareils de navigation numériques sont bien entrés dans les mœurs. Ils ne sont toutefois pas toujours utilisés avec un support, notamment dans le cas des smartphones. Il est ici frappant de constater que, dans ce cas, l'appareil est souvent placé à un endroit situé en dehors des zones conformes aux normes. Les supports pour systèmes portables et smartphones sont fixés à de nombreux endroits différents dans la voiture, mais la position au milieu de la partie inférieure du pare-brise est la plus populaire.

Les deux positions les plus couramment utilisées pour les systèmes de navigation numériques se situent dans les zones recommandées par les constructeurs : au centre de la partie inférieure du pare-brise et au sommet de la console centrale du véhicule. Dans les résultats de l'étude sur la poursuite oculaire, nous n'avons trouvé aucune preuve qu'une position dans le champ visuel, comme c'est le cas avec le pare-brise, serait dérangement ou distrayante durant la conduite. Les résultats n'indiquent pas non plus si un placement du système de navigation juste en dehors du champ visuel central pendant la conduite, par exemple au sommet de la console centrale, entraîne une diminution de l'attention visuelle pour les éléments pertinents de la route. La distance légèrement plus grande (entre la position de navigation fixe et la vue sur la route) semble être compensée par un comportement visuel ajusté (fixations moindres et plus courtes, temps passé à regarder le système de navigation plus court) face au système de navigation. Par conséquent, nous ne pouvons déduire des données que l'une des deux positions serait plus ou moins sûre que l'autre. En ce qui concerne la facilité d'utilisation, par contre, la position au pare-brise semble être préférable.

D'autres études seront nécessaires pour évaluer l'impact des autres positions non standard qui sont néanmoins utilisées fréquemment et ce, avec ou sans support. Les données de poursuite oculaire devraient idéalement être complétées par l'enregistrement de paramètres de conduite via un équipement spécifique du véhicule et afin de permettre une interprétation plus complète en termes de sécurité. L'interaction entre l'expérience de conduite, l'âge et la position du système de navigation, ainsi que les interactions entre la position du système de navigation et la complexité des situations routières sont d'autres pistes d'étude intéressantes. De plus, l'émergence rapide de nouvelles méthodes de navigation telles que les affichages

tête haute (Head-up display, HUD)¹ entraîne un besoin croissant de connaissances de l'impact de ces systèmes sur la sécurité et la répartition de l'attention visuelle. Enfin, il convient de déterminer si, dans quelle mesure et comment l'utilisation d'appareils de navigation contribue ou non aux accidents.

Recommandations

L'Institut Vias formule plusieurs recommandations sur la base des analyses de la littérature et des résultats de cette étude.

En termes de réglementation, il serait utile de formuler des normes et des directives pour la position d'appareils de navigation numériques non intégrés dans les véhicules. L'objectif devrait être de minimiser la distance entre le système de navigation et la vue centrale sur la route, sans perturber la vue des parties importantes de la route ou interférer avec les instruments du véhicule. L'utilisation de tels appareils devrait être limitée aux positions conformes à ces normes.

En matière de sensibilisation, il convient d'attirer l'attention sur l'importance d'utiliser un support pour tous les appareils de navigation non intégrés. C'est particulièrement valable pour la navigation avec un smartphone, car de nombreux conducteurs belges placent le smartphone dans la voiture sans le fixer. La littérature montre qu'une plus grande distance entre l'appareil de navigation et la vue centrale sur la route peut avoir un impact négatif sur la sécurité routière. Des instructions sur la position optimale du support constituent également des informations utiles.

De plus, il est généralement recommandé de sensibiliser les conducteurs à l'importance d'une mise à jour régulière des cartes, étant donné que les routes et les infrastructures évoluent. De nombreux appareils (intégrés ou non) ainsi que les applications de navigation n'actualisent pas automatiquement les cartes. En ce qui concerne l'infrastructure, il est généralement recommandé de placer la signalisation d'une façon claire et bien visible. Il faut également que les changements dans les conditions de circulation et d'infrastructure routière soient systématiquement communiqués aux fournisseurs d'informations de navigation numériques.

¹ L'affichage tête haute (ou Head-up display, HUD) est tout affichage transparent, a priori sur le pare-brise, qui présente des données sans que l'utilisateur ait à détourner son regard de la route.

Summary

Introduction

The use of digital navigation systems such as portable (or standalone) devices for navigation, built-in (or fixed) navigation, and smartphone and tablet apps for navigation has become an integral part of driving a car. Research has shown that these systems generally have a positive effect on driving performance. However, they remain a source of distraction, since their use requires dividing attention between the device and the road, which can compromise safety. Most research about the safe use of digital navigation devices focuses on the design of the device itself and/or the interaction between user and system.

This report focuses on a third factor known to influence safety, namely the position of the system in the car. The position of the navigation device has been shown to influence both driving performance and the driver's attention distribution between the navigation system and the road. Placement of the system outside the field of view increases reaction times, reduces vehicle control and diminishes the ease of use.

An optimal position cannot be deduced from the existing literature. According to the guidelines used by car and navigation unit manufacturers the system should be easily visible without obstructing the view of the road. Belgian traffic law does not specify rules regarding the use or placement of navigation devices.

The aim of the current study was twofold: On the one hand, we wanted to find out how digital navigation systems are used by the Belgian population. On the other hand, we wanted to examine the impact of the most frequently used positions for navigation devices by Belgian drivers on safety and visual attention distribution.

Survey study

A representative sample of 1182 Belgian car drivers who were in possession of a driving license for at least two years and who drove at least 1500 km per year, completed an online survey. The respondents were asked what kind of navigation systems they possess, which types they actually use and in which position, and what their attitude is towards the systems.

The results show that 87% of the drivers are in possession of one or more digital navigation systems. Half (50%) of them have a built-in system. Also about half (47%) of them have a portable system and about a third (34%) indicate having a navigation app on the smartphone.

In practice, mostly built-in systems are used (43%). Portable systems (32%) and apps (24%) are used less often. In addition, many drivers use road signs that indicate direction (57%) for navigation, while paper maps and route descriptions are almost no longer used (10%).

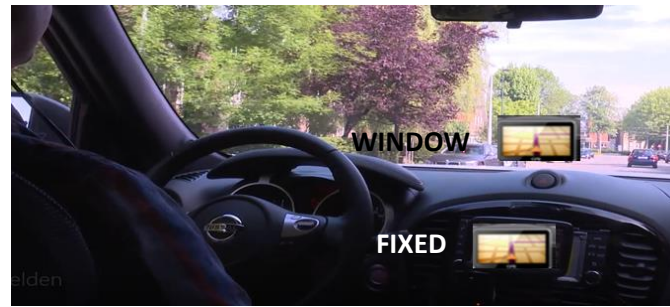
Portable devices are often or always used with an attachment system by 80% of the users. This is only in 46% the case for smartphone users. The windshield or front window (74%) is the most popular position to mount portable devices, with 60% of the respondents indicating the mid-bottom area of the window. When mounted, the smartphone is mainly fixed to an air vent (45%) or the front window (27%). When not mounted, the device is mainly placed between the gear lever and the front of the car, or laid on the passenger seat.

Furthermore, most users of digital navigation systems rely on both visual and auditory information (79%), the majority of users finds their navigation system reliable (89%) and clear (69%) and only 7% thinks a navigation system/app is unsafe in the car.

Eye-tracking study

The second part of the study aimed at identifying differences in visual attention distribution and ease of use between the two most frequently used mounting positions for navigation systems in Belgium. These two positions were derived from the aforementioned survey study. The first position was the centre console of the car, where built-in devices and smartphones are often attached (henceforth called 'fixed'). The second position was the mid-bottom area of the front window (henceforth called 'window'), where portable devices and smartphones are often attached (see Figure A).

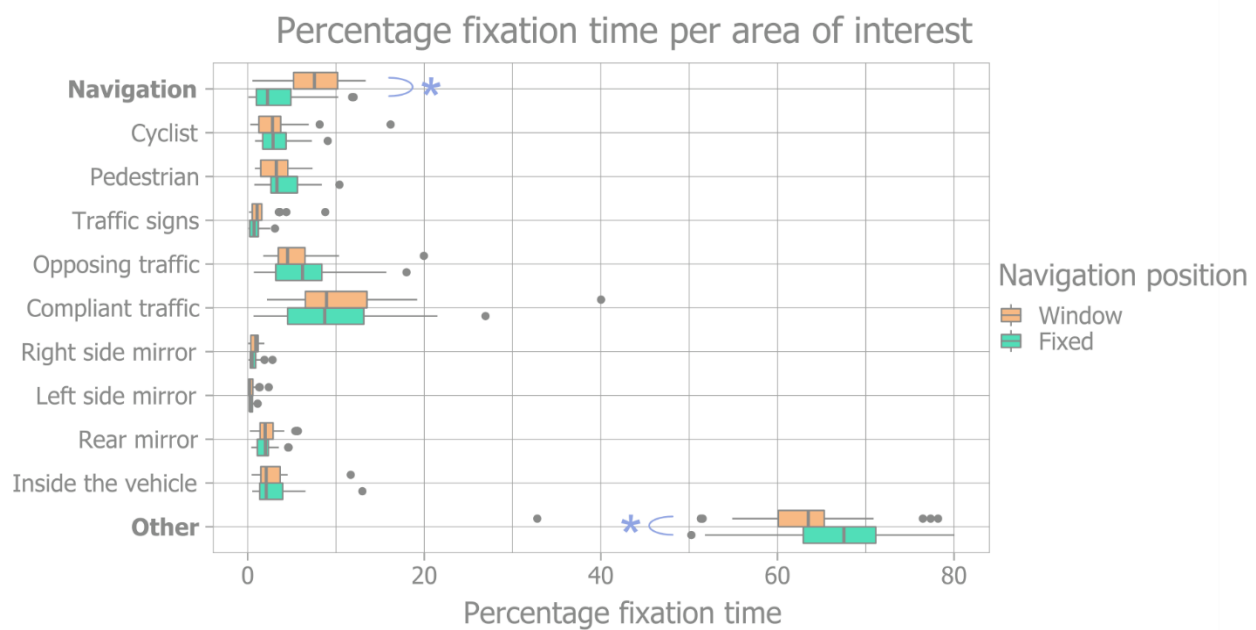
Figure A Image of the positions 'WINDOW' and 'FIXED' that were used in the eye-tracking study.



A sample of 27 subjects each drove two rides on the public road during which the position of the navigation system was manipulated. Each participant had at least two years a driving license, drove at least 1500 km per year and had experience with digital navigation systems. During one ride the device was attached to the windshield, and in the other ride it was attached in the position typically used for fixed devices. The order of the rides and the position of the navigation system were counterbalanced among the participants. Throughout the ride, eye-tracking registration allowed continuous monitoring of where the driver was looking. After each ride, subjects indicated how demanding they found the ride on six subscales of the NASA task load questionnaire. After the last ride they completed a questionnaire about their own possession and use of navigation systems, how they attach them, which information they use and what their attitudes are with respect to digital navigation systems.

When the navigation system was attached to the window, the subjects spent about twice as much viewing time (7,4%) on the device than when it was in the fixed position (3,5%) (See Figure B).

Figure B Percentage of the total registered fixation time on each selected area of interest, for rides with the navigation device in the fixed and window position separately (Boxplots: Centre line: median, Box: 1st till 3rd quartile, Lines: spread, Dots: outliers). Statistically significant differences ($p \leq .05$) according to joint test method are indicated with '*'.



The number of eye movements to the navigation system followed the same significant pattern: there were only half as many fixations on the navigation system in the fixed position (3,5%) compared to the window position (7,3%). Besides that, individual fixations on the navigation device attached to the front window lasted on average slightly longer (242 ms) than when it was attached in the fixed position (225 ms).

Besides the higher number of fixations and the longer total fixation time to the navigation in the window position, 78% of the subjects also indicated that they found this set-up easier to navigate than the fixed position. When the device was in the fixed position, slightly more subjects felt frustration than when the device was attached to the window.

From the results it cannot be deduced that the navigation system in the window position causes more visual distraction. Although the subjects looked longer and more often at the navigation on the window, the individual fixations were also longer, suggesting that the fixations were conscious, and not the result of involuntary visual distraction. Moreover, subjects experienced less frustration when the device was positioned on the window and navigating in the window position condition was experienced as easier by the vast majority of the subjects.

In the fixed position, the total fixation time to the navigation was shorter and the fixations were less numerous and slightly shorter. This suggests a compensatory mechanism in the visual behaviour of the subjects to overcome the bigger distance of the navigation device to the central view on the road.

The observed differences in eye-tracking patterns, experiences and preference support thus the hypothesis that a smaller distance of the device relative to the centre of the visual field while driving facilitates the shift and division of attention between the road and the navigation device.

However, the differences in fixation pattern between both positions should be interpreted with caution, as inaccuracy in the eye-tracking registration may play a role. The actual differences between the two positions could therefore be larger or smaller than observed.

Conclusions and opportunities for further research

The online survey shows that digital navigation devices are now commonplace, nevertheless, they are not always used with a mounting system. This is especially the case for smartphones. Strikingly, smartphones are often placed at a location outside the norm-compliant zones. Specially designed holders for portable systems and smartphones are attached in many different places in the car, but the mid-bottom of the front window is the most popular position.

The two most frequently used positions for digital navigation systems are both located within the areas recommended by manufacturers: at the bottom centre of the front window and at the top of the central car console. The results of the eye-tracking study contain no evidence that a navigation position within the visual field during driving, such as the front window, would be disruptive or distracting. The results also do not indicate that placing the navigation device just outside the central visual field while driving, like on the top of the central car console, leads to less looking behaviour towards the selected traffic relevant areas. The slightly increased distance between the navigation device and the view on the road, seems to be compensated by adapted looking behaviour to the navigation (less and shorter fixations, shorter total fixating time). Thus, it cannot be inferred from the data that one of the two positions would be (un)safer than the other. In terms of ease of use, the position on the front window seems to be preferred.

Further research is needed to examine the impact of non-norm-compliant, yet frequently used positions, with or without a holder. The eye-tracking data are ideally supplemented with driving parameters through an instrumented car to allow a more complete interpretation in terms of safety. The interaction between driving experience, age and the position of the navigation system, as well as interactions between navigation position and complexity of traffic situations, are valuable research tracks. Furthermore, the rapid rise of new navigation methods such as head-up displays creates a growing need for knowledge about the impact of these systems on safety and division of visual attention. Finally, it should be analysed whether, to what extent and how the use of navigation devices does or does not contribute to the incidence of accidents.

Recommendations

Based on findings from literature and the results of this study, Vias institute proposes a number of recommendations.

With regard to regulations, norms and guidelines for the placement of non-built-in devices in vehicles would be useful. It would be good for users to keep the distance between the navigation device and the central view of the road as small as possible, taking care that the device does not block essential parts of the view of the road or the instruments on the dashboard. The use of such navigation devices should only be allowed when attached in positions that comply with these norms.

With regard to sensitisation, the importance of using a mounting system for all non-built-in navigation devices can be emphasized. This is especially relevant for navigation via a smartphone app, as many Belgian drivers lay their smartphone loose in the car. Based on the literature a larger distance between the

navigation device and the view of the road has been shown to negatively impact road safety. Instructions regarding the optimal position of that mounting system are also useful.

Furthermore, it can be generally recommended to sensitize drivers about the importance of road map updates as roads and infrastructure are constantly changing. This is important because a lot of navigation devices (built-in as well as non-built-in) and navigation-apps are not being updated automatically. With regard to infrastructure, it is generally recommended that the signposting is straightforward and clearly visible, and that changes to traffic situations and road infrastructure are communicated in time to providers of digital navigation information.

1 Introduction

Une voiture sans système de navigation numérique ? C'est devenu impensable. De nombreux automobilistes utilisent régulièrement l'une des nombreuses applications smartphone (applis) ou des appareils de navigation intégrés (fixes) ou portables (non intégrés) pour trouver le chemin le plus rapide ou le plus court vers leur destination (Katteler, Sombekke, & Van Mieghem, 2009 ; SWOV, 2010 ; Christoph, 2010). De ce fait, les automobilistes parcourent moins de distance en voiture et passent moins de temps dans la circulation, ce qui est bénéfique pour la sécurité routière (Aichinger, Aigner-Brueuss, Aleksa, Kaiser et al, 2014 ; Vonk, Van Rooijen, Hogema, & Feenstra, 2007). Les systèmes de navigation sont également de plus en plus souvent utilisés dans les auto-écoles. Lors de l'examen de conduite en Région flamande et dans la Région de Bruxelles-Capitale, un système de navigation peut être utilisé pendant 10 à 15 minutes pour évaluer l'aptitude à conduire de manière autonome (Goca, 2019).

Par rapport aux cartes routières traditionnelles, les systèmes de navigation numériques constituent une amélioration en matière de facilité d'utilisation et de sécurité routière. La position du système de navigation dans la voiture est un facteur important à cet égard (Fuller & Tsimhoni, 2009 ; Itoh, Yamashita, & Kawakami, 2005). Il est ressorti des études que la conduite peut être sûre si le système de navigation se trouve dans -ou proche du- le champ visuel du conducteur (Wittmann et al., 2006), ce qui n'est pas possible avec une carte papier ou un itinéraire. Les utilisateurs de systèmes de navigation accordent donc plus d'attention à la route (Kun, Paek, Medinica, Oppelaar, & Palinko, 2009), réagissent plus rapidement aux autres usagers de la route (Srinivasan & Jovanis, 1997 ; Haupt, Van Nes, & Risser, 2015), subissent une charge mentale moins importante et ressentent moins de stress (Lee & Cheng, 2008) que les utilisateurs de cartes papier.

Tous ces éléments ont un effet positif sur les prestations de conduite. Les utilisateurs de systèmes de navigation dépassent, il est vrai, plus souvent les limites de vitesse (Knapper, Van Nes, Christoph, Hagenzieker & Brookhuis, 2016), conduisent en moyenne un peu plus vite (en moyenne 2 à 3 km/h), mais adoptent une conduite plus rectiligne sur leur bande de circulation (Lee & Cheng, 2008 ; Haupt, Van Nes et Risser, 2015). La vitesse moyenne plus élevée des utilisateurs d'un système de navigation peut indiquer une réduction de la charge mentale (Uchiyama, Kojima, Hongo, Terashima, & Wakita, 2002 ; Marciano & Yeshurun, 2015).

En termes de vision, les systèmes de navigation présentent également un avantage clair par rapport aux cartes papier. Les automobilistes qui se dirigent à l'aide de cartes papier regardent plus souvent et plus longtemps sur le côté que les utilisateurs de systèmes de navigation pour trouver les points de repère de leur parcours qui correspondent à l'information trouvée sur l'itinéraire ou la carte routière (Haupt, Van Nes, & Risser, 2015). Les utilisateurs de systèmes de navigation adoptent un comportement visuel beaucoup plus constant. Ils regardent uniquement sur le côté afin de détecter des dangers potentiels et de trouver des points de repère. Cette différence dans le comportement visuel signifie également que les utilisateurs de systèmes de navigation réagissent plus rapidement à leur environnement et s'arrêtent plus vite pour les piétons et les cyclistes que les utilisateurs de cartes routières (Haupt, Van Nes, & Risser, 2015). Des études ont montré que les automobilistes regardent leur système de navigation un peu plus longtemps après avoir reçu une instruction auditive, parce qu'ils interprètent et traitent les nouveaux messages audio sur la base des informations visuelles du système de navigation (Christoph, van Nes, & Wesseling, 2012).

Par le passé, des études menées sur les systèmes de navigation se sont principalement concentrées sur la conception des systèmes de navigation (Haupt, Van Nes et Risser, 2015 ; Burnett, 2000 ; Lee, Forlizzi et Hudson, 2008 ; Lin, Wu et Chien, 2010 ; Parkes et Coleman, 1990 ; Srinivasan, 1999) et sur la façon de les utiliser (par ex. Dingus, Atin, Hulse et Wierwille, 1989 ; Lee, Caven, Haake et Brown, 2001 ; McCall, Achler et Trivedi, 2004).

Bien que se diriger avec un système de navigation semble plus sûr qu'avec des cartes routières, un système de navigation reste une source de distraction dans la voiture, qui ne peut jamais être complètement exclue. La plus grande distraction est causée par le paramétrage du système de navigation pendant la conduite. Les études ont montré qu'une grande partie des conducteurs (64 %) règlent le système de navigation en conduisant, bien que la majorité soit consciente des risques supplémentaires encourus (Oei, 2002). Dans une enquête récente réalisée aux Pays-Bas, 32 % des automobilistes ont admis avoir parfois paramétré la navigation sur leur smartphone en conduisant (SWOV, 2017).

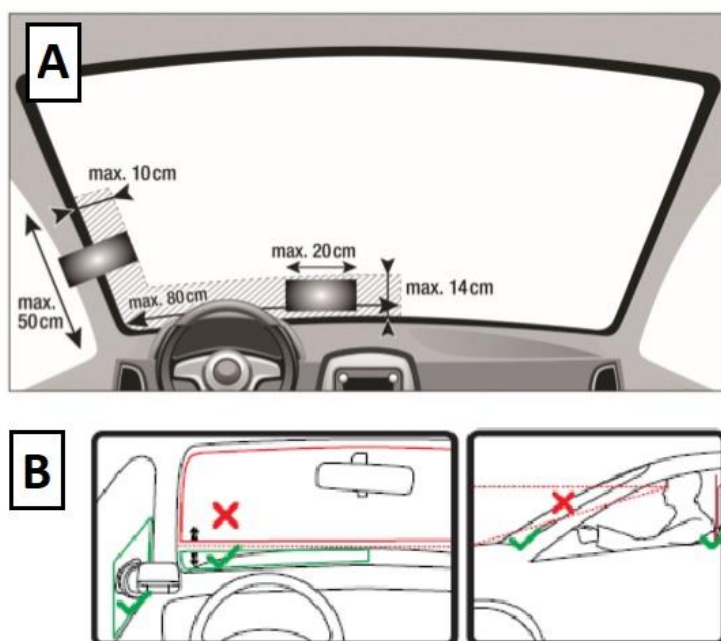
Pour le présent rapport, l'accent est mis sur la façon dont nous pouvons minimiser les distractions dues aux systèmes de navigation en positionnant stratégiquement le système dans le véhicule. Peu d'études ont été réalisées sur la position optimale du système de navigation, ce qui signifie que cette facette des systèmes de navigation dans les voitures n'est pas encore tout à fait claire.

La position du système de navigation est importante parce qu'elle a une influence sur la façon dont les utilisateurs peuvent répartir efficacement leur attention entre la route et le système de navigation. Étant donné la quantité d'informations à traiter pendant la conduite, une position optimale du système de navigation peut permettre d'intégrer plus rapidement les informations fournies par le système de navigation aux informations du monde réel. Avec l'avantage que l'utilisateur court moins de risques de confusion, ce qui, tout comme le stress, peut conduire à un certain énervement, ainsi qu'à une conduite et une prise de décision de moins bonne qualité (Ball & Rebok, 1994 ; Fernández, Usamentiaga, Carús, & Casado, 2016).

La législation belge est vague en ce qui concerne la position d'un appareil (de navigation) dans la voiture. L'Arrêté royal du 15 mars 1968 portant règlement général sur les conditions techniques auxquelles doivent répondre les véhicules automobiles, leurs remorques, leurs éléments ainsi que les accessoires de sécurité (Chapitre VII : Aménagement Article 57. Compartiment avant, siège du conducteur, aménagement intérieur et extérieur) indique que « §1 Le champ visuel du conducteur doit être bien dégagé. Il ne peut être obstrué par aucun objet ni inscription inutiles ou non réglementaires. » En supposant qu'un appareil de navigation est réglementaire et utile, les conducteurs doivent toujours s'assurer d'avoir une vue bien dégagée. Le Luxembourg a précisé dans le Code de la route qu'un système de navigation peut être fixé au pare-brise côté conducteur (cf. Figure 1A). C'est autorisé dans une bande de 10 cm de large sur 50 cm de haut sur le côté gauche du pare-brise, ou une bande de 14 cm de haut sur 80 cm de large à la partie inférieure du pare-brise. La largeur maximale de l'appareil de navigation ne peut dépasser 20 cm (Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, 2016). Le Royaume-Uni recommande que les dispositifs soient fixés au pare-brise de telle sorte qu'ils n'obstruent pas la vision sur la route. Il est en outre obligatoire de maintenir une zone libre de 290 mm dans la partie centrale située au-dessus du volant (Department for Transport, 2010).

En outre, les fabricants de systèmes de navigation formulent également eux-mêmes des conseils généraux en ce qui concerne la position des systèmes portables/non intégrés. La marque TomTom™, par exemple, indique que le système de navigation doit être placé de façon à ne pas obstruer la vue sur la route et les rétroviseurs et entraver les airbags ou l'utilisation des instruments du véhicule. De plus, TomTom™ recommande que l'appareil soit monté aussi bas que possible sur le pare-brise, et pas directement sous le rétroviseur (voir Figure 1B) (TomTom, 2013). Les manuels de la marque Mio™ (2018) indiquent quant à eux que le système de navigation portable ne doit jamais être placé de façon à obstruer le champ visuel du conducteur. Les conseils des fabricants de systèmes de navigation sont de nature générale et ne comportent pas de spécifications concernant les distances ou les surfaces qui satisfont à leurs propres conseils.

Figure 1 A. Emplacement autorisé (zone ombrée) d'un appareil de navigation selon le Code de la route luxembourgeois (Ministère du Développement durable et des Infrastructures, 2016). B. Conseils sur la position du système de navigation selon le fabricant de systèmes de navigation TomTom (TomTom, 2013).



L'industrie automobile donne aussi ses conseils en la matière. Ceux-ci se rapportent à l'installation de systèmes de navigation intégrés. L'Alliance of Automobile Manufacturers (2002) recommande qu'un système de navigation soit placé aussi haut que possible sur le tableau de bord et aussi près que possible de l'utilisateur, de préférence au niveau de la console centrale du véhicule. Selon les directives JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association Inc., 2004), un système de navigation ne doit pas gêner l'utilisation du volant, ne doit pas obstruer la vue sur les instruments (par ex. le compteur de vitesse) ou de la route et doit être visible sans que l'utilisateur ne doive modifier sa position pendant la conduite. L'étude réalisée en vue de la rédaction des directives JAMA (Yoshitsugu, Ito, & Asoh, 2000) a pris comme point de départ le fait qu'un système de navigation doit être positionné afin que l'utilisateur puisse toujours réagir à temps face à un objet en approche sur la route afin d'éviter une collision, et ce malgré les regards portés sur l'écran. Par ailleurs, la hauteur de l'utilisateur par rapport à la route a également été prise en compte.

Idéalement, l'écran devrait être situé dans un rayon inférieur à 30° du centre du champ visuel horizontal de l'automobiliste. Les études montrent que plus le système de navigation est proche du centre du champ visuel, plus il peut être utilisé efficacement (Itoh et al., 2005). Les automobilistes, jeunes et moins jeunes, réagissent plus rapidement lorsque le système de navigation se trouve à 15° à l'horizontal plutôt qu'à 30° du centre du champ visuel (Itoh et al., 2005).

Les directives JAMA précisent en outre que l'angle vertical maximal s'élève également à 30°. Cela signifie que, vu du centre du champ visuel du conducteur, un système de navigation ne peut pas être positionné à un niveau inférieur à 30° pour encore pouvoir en faire un usage optimal. C'est valable pour les véhicules dans lesquels la hauteur du regard du conducteur est inférieure à 1 700 mm du sol. Pour des véhicules dans lesquels la hauteur du regard est égale ou supérieure à 1 700 mm (comme dans le cas d'un camion) depuis le sol, l'angle vertical maximal peut être mesuré selon la formule suivante : $\text{angle (degrés)} = 0,013 \times \text{hauteur du regard du sol (mm)} + 15$.

Les études antérieures n'ont pas démontré clairement si un système de navigation placé plus bas était moins avantageux qu'un écran placé plus haut. Une première possibilité est que les automobilistes regardent plus souvent un écran placé plus haut (place plus centrale dans le champ visuel), parce qu'ils éprouvent un contrôle plus subjectif lorsque l'écran coïncide davantage avec la vue sur la route (Zheng et al., 2016 ; National Highway Traffic Safety Administration, 2013 ; Alliance of Automobile Manufacturers, 2006). Si, par exemple, le sentiment de contrôle subjectif augmente parce que l'on pense avoir un meilleur aperçu de la route (par exemple dans un véhicule plus haut comme une camionnette ou un camion), le nombre de regards plus longs (>2 sec.) sur le système de navigation augmente également (Larsson, Engström, & Wege, 2017). Une autre possibilité est qu'un écran placé plus bas serait plus difficile à voir ; les utilisateurs

devraient alors regarder l'écran à plusieurs reprises pour obtenir toutes les informations. Des études ont ainsi montré que les gens regardent plus souvent un écran placé plus bas dans le champ visuel qu'un écran placé plus haut lorsqu'ils doivent utiliser le système de navigation (Fuller & Tsimhoni, 2009). D'autres chercheurs ont constaté que des automobilistes expérimentés qui devaient traiter l'information à partir d'un écran placé plus bas (38° sous le centre du champ visuel) avaient jusqu'à 30 % de contrôle latéral en moins (Summala, Nieminen et Punto, 1996) et réagissaient plus lentement aux stimulus extérieurs (Summala, Lamble et Laakso, 1998 ; Burns, Andersson et Ekfjorden, 2000). Une autre étude, qui a comparé plusieurs positions différentes pour les systèmes de navigation, a montré que les prestations de conduite s'amélioreraient lorsque l'affichage était plus proche du pare-brise, de préférence à la partie supérieure de la console centrale du véhicule et juste au-dessus du tableau de bord contre le pare-brise (Wittmann et al., 2006).

En résumé, on peut affirmer que l'utilisation de systèmes de navigation numériques se traduit par une amélioration de la sécurité routière, mais constitue également une source de distraction pour le conducteur. Le conducteur doit répartir son attention entre la conduite et le système de navigation. Notre étude se concentre donc sur la question de savoir comment minimiser l'effet de distraction de ces systèmes de navigation numériques. Il ressort de la littérature que la position des systèmes de navigation a un effet sur les prestations de conduite. Toutefois, les recherches n'ont à ce jour pas encore permis de dégager une position optimale claire.

Dans ce projet, nous avons dès lors voulu étudier dans un premier temps quelles sont les positions les plus courantes utilisées par les automobilistes belges pour les systèmes de navigation. Dans un deuxième temps, nous avons cherché à déterminer laquelle des deux positions les plus courantes influençait le moins les prestations de conduite au moyen de lunettes spéciales utilisées pour mesurer le comportement visuel d'un groupe d'automobilistes. Concrètement, nous nous sommes posé les questions suivantes pour cette étude :

- Comment la population belge utilise-t-elle les systèmes de navigation (à quelle fréquence, quels types, quelle position dans la voiture...) ?
- La position du système de navigation dans la voiture influence-t-elle le comportement visuel et la conduite ?

2 Études

2.1 Étude par questionnaire

L'objectif de cette partie de l'étude était de répertorier l'utilisation par la population belge des systèmes de navigation embarqués. À cette fin, un échantillon représentatif de la population a répondu à un questionnaire en ligne. Nous détaillons ci-dessous la méthodologie et les résultats de cette étude. Les résultats de cette étude ont permis de déterminer l'objectif de l'Étude 2 (étude de la poursuite oculaire). Nous voulions notamment savoir à quels endroits les systèmes de navigation sont les plus fréquemment placés dans la voiture. Par la suite, on a examiné sur la base de l'étude de la poursuite oculaire s'il y avait une différence en termes de distraction entre ces deux configurations.

2.1.1 Méthodologie et échantillonnage

Trois critères devaient être réunis pour participer au questionnaire en ligne : (1) être titulaire d'un permis de conduire B depuis au moins deux ans, (2) parcourir plus de 1 500 km par an, (3) utiliser un système de navigation embarqué. Parmi les 1 598 conducteurs qui ont répondu au questionnaire, 1 182 satisfaisaient aux deux premiers critères. Parmi ces 1 182 participants, 149 n'utilisaient pas de système de navigation dans la voiture. Les raisons invoquées peuvent être regroupées en deux catégories : (1) Il n'est pas utile pour le participant d'utiliser un tel système (exemples de réponses : « Ce n'est pas nécessaire », « Je n'en ai pas besoin », « Je n'effectue pas de trajet inconnu ») et (2) le participant se méfie d'un système de navigation (exemples de réponses : « Mauvaises informations », « Ne fonctionne pas correctement »). Sur les 1 033 participants qui satisfaisaient aux trois critères, 1 002 conducteurs ont répondu au questionnaire. Ces participants constituaient notre échantillon final (n = 1002).

L'échantillon a été stratifié selon le sexe, 4 groupes d'âge (18-34 ans / 25-39 ans / 50-64 ans / 65 ans et plus) et la langue (NL/FR) avec un quota supplémentaire non croisé pour la résidence dans une des trois régions. Ces quotas ne pouvant jamais être respectés à 100 %, un facteur de pondération a été appliqué à l'échantillon final pour correction a posteriori. Voir Annexe 1 pour un aperçu des cellules de stratification. Toutes les analyses ont été effectuées dans IBM SPSS Statistics 25 à l'aide de coefficients de pondération, afin d'obtenir des résultats représentatifs pour la population des conducteurs belges.

Les participants ont complété le questionnaire en ligne (durée approximative de 10 minutes). Le questionnaire a été soumis aux participants entre le 23 novembre 2017 et le 5 décembre 2017. La programmation du questionnaire a été effectuée par l'institut Vias à l'aide du logiciel KeySurvey (<https://www.keysurvey.com/>). Les participants ont été recrutés via un panel en ligne de l'agence d'études de marché iVOX. Pour le questionnaire complet, voir l'annexe 2.

2.1.2 Résultats

Voici une brève description des variables démographiques et du comportement au volant des participants. Nous détaillerons ensuite les systèmes de navigation disponibles et utilisés, les endroits où les systèmes sont habituellement placés dans la voiture, quelles informations sont principalement utilisées (informations visuelles et/ou messages audio) et quelles sont les attitudes adoptées envers les systèmes de navigation.

2.1.2.1 Description des variables démographiques et du comportement de conduite

L'échantillon se compose de 58 % d'hommes (42 % de femmes). 66 % sont néerlandophones (44 % francophones) et l'âge moyen est de 50 ans (avec un âge minimum de 20 ans et un âge maximum de 89 ans, DS = 15 ans). Plus de la moitié des conducteurs est au moins titulaire d'un diplôme de bachelier (36 % détiennent un bachelier et 22 % un master).

En ce qui concerne le comportement au volant,

- les participants sont en moyenne titulaire de leur permis de conduire depuis 29 ans (DS = 16 ans, min. = 2 ans, max. = 68 ans)
- 93 % conduisent plus d'une fois par semaine
- 59 % conduisent (presque) quotidiennement
- 76 % parcourent entre 1 500 et 20 000 km par an
- la plupart des participants a un véhicule propre (90 %)

- 30 % sont au moins une fois par semaine sur la route à titre professionnel (à l'exception des trajets domicile-travail habituels)

2.1.2.2 Systèmes de navigation disponibles

La question à choix multiples suivante a été posée (plusieurs réponses possibles).

Lequel des systèmes de navigation suivants possédez-vous ?

- *Système de navigation intégré/fixe dans le véhicule*
- *Système de navigation portable (un TOMTOM par exemple)*
- *Une application de navigation sur smartphone ou tablette*

Il ressort des résultats (voir tableau 1) que 22 % des participants disposent de plus d'un système de navigation dans leur voiture. Environ la moitié a un système portable (47 %) et environ la moitié un système fixe (50 %). Par ailleurs, 34 % des participants ont une application de navigation sur leur smartphone ou leur tablette.

Il y a toutefois des différences d'âge claires dans la possession de systèmes de navigation numériques. Le groupe le plus jeune se démarque en matière d'appli de navigation : 64 % disent avoir une appli. Ce pourcentage diminue fortement dès l'âge de 50 ans. Le fait de disposer d'un système portable semble augmenter avec l'âge. Pour les systèmes intégrés, la différence entre les groupes d'âge est moindre.

Tableau 1 Pourcentage de participants disposant d'un système de navigation par groupe d'âge.

Catégorie d'âge	% de participants qui possèdent ce système de navigation		
	Appli de navigation	Système portable	Système intégré
18-34	64	38	46
35-49	40	46	54
50-64	16	51	51
65+	14	56	49
Moyenne	34	47	50

2.1.2.3 Systèmes de navigation utilisés

On leur a ensuite demandé dans quelle mesure certains systèmes de navigation sont utilisés pour se rendre en voiture vers une destination inconnue. L'utilisation des six systèmes a été sondée comme suit sur une échelle à quatre points (jamais, parfois, fréquemment, (presque) toujours) :

Dans quelle mesure utilisez-vous les systèmes de navigation suivants si vous devez vous rendre en voiture à une destination inconnue ?

- *Panneaux directionnels*
- *Une carte papier ou un itinéraire imprimé*
- *Je cherche mon itinéraire avant d'embarquer et je le mémorise*
- *Système de navigation intégré/fixe dans le véhicule*
- *Système portable*
- *Application de navigation sur tablette ou smartphone*
- *Autres*

Le tableau 2 montre le pourcentage des participants qui ont répondu « presque toujours » ou « souvent » aux questions ci-dessus. Le tableau montre que ce sont les panneaux directionnels que les participants utilisent le plus (57 %). Si l'on compare les trois systèmes de navigation technologiques (système de navigation intégré, système portable et applications de navigation sur smartphone ou tablette), il s'avère que l'utilisation la plus courante est celle d'un système intégré (43 %), suivi par un système portable (32 %) et que les applications de navigation sont les moins utilisées des trois (24 %). Mais là aussi, il y a un effet d'âge : plus l'âge des personnes interrogées augmente, plus elles utilisent des systèmes portables et moins elles ont recours à des applications. Environ la moitié des 18-35 ans disent utiliser souvent ou (presque) toujours une appli de navigation. Waze et Google Maps sont les plus populaires.

Tableau 2 Pourcentages associés à l'utilisation de différents systèmes de navigation selon la catégorie d'âge et moyenne.

Système de navigation	% de participants qui utilisent souvent ou (presque) toujours ce système				Moyenne
	18-34	35-49	50-64	65+	
Panneaux directionnels	52	65	57	54	57
Système de navigation intégré	37	46	46	41	43
Rechercher et mémoriser l'itinéraire	27	33	33	44	34
Système de navigation portable	26	27	37	40	32
Application de navigation sur smartphone ou tablette	51	24	9	7	24
Carte papier ou un itinéraire imprimé	4	7	15	18	10

2.1.2.4 Installation de systèmes de navigation portables

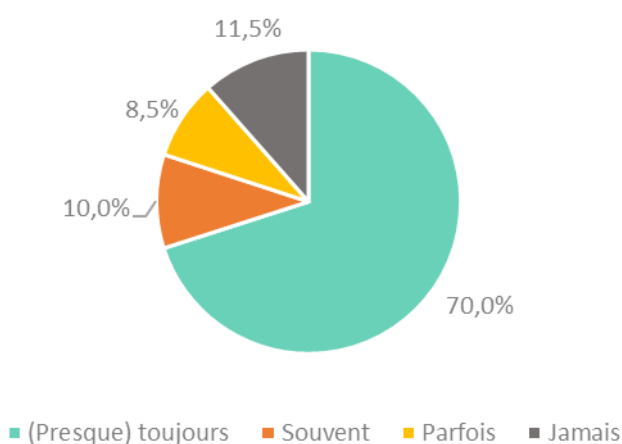
Si les participants ont indiqué qu'ils utilisaient un système portable, on leur a demandé d'indiquer sur une échelle de quatre points (jamais - parfois - souvent - (presque) toujours) dans quelle mesure ils utilisaient un support pour placer l'appareil dans leur voiture :

Si vous utilisez un système de navigation portable, utilisez-vous un support ?

Il ressort des résultats que 80 % des utilisateurs d'un système portable indiquent qu'ils ont (presque) toujours ou souvent utilisé un support (voir Figure 2).

Figure 2 Pourcentage de conducteurs utilisant un support pour un système de navigation portable.

Si vous utilisez un système de navigation portable, utilisez-vous un support ?



On s'est ensuite interrogé sur l'endroit où est déposé le système de navigation portable si aucun support n'est utilisé (n = 133), sur la base de la question à choix multiples suivante :

Si vous n'utilisez pas de support, où placez/déposez-vous habituellement le système ?

- Sur vos genoux
- Sur le siège passager
- Entre le volant et le compteur de vitesse
- Entre le levier de vitesses et l'avant de la voiture
- Je place/dépose le système à un autre endroit :

Lorsqu'aucun support n'est utilisé, l'appareil est surtout placé entre le levier de vitesses et la console centrale (34 %) ou déposé sur le siège passager (27 %). Les possibilités de réponse qui ont été choisies dans une moindre mesure étaient : les genoux (6 %) et l'endroit entre le volant et le compteur de vitesse (8 %). 25 % des participants ont indiqué placer le système à un endroit différent de celui indiqué dans la question à choix multiples. Dans ce cas, les participants pouvaient préciser eux-mêmes où ils placent le système. Les

réponses les plus fréquentes qui reviennent souvent sont « les genoux du passager » ou « le passager tient le système de navigation ».

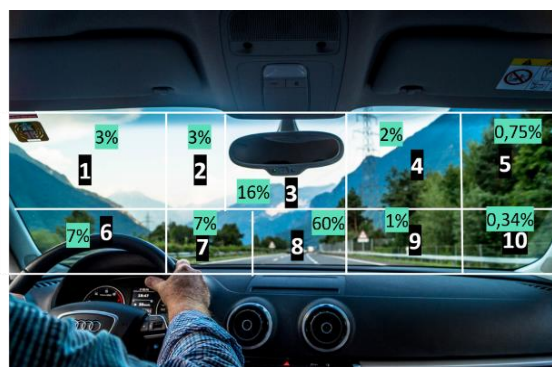
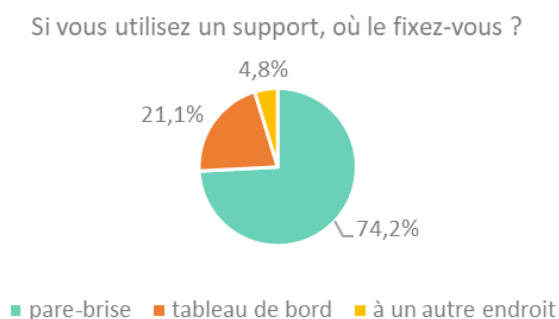
On a demandé aux participants qui utilisaient un support où ils le plaçaient, à l'aide de la question suivante :

Où fixez-vous habituellement le système ?

- *Au pare-brise*
- *Sur le tableau de bord*
- *À un autre endroit*

L'endroit le plus populaire pour fixer le système est le pare-brise (74 %) (voir Figure 3). Si les conducteurs indiquaient fixer le système au pare-brise, on leur demandait de préciser l'endroit du pare-brise. On a montré la photo d'un pare-brise, divisé en 10 zones, aux participants. Ils devaient ensuite indiquer dans laquelle de ces 10 zones, ils fixaient habituellement le système. Comme le montre la Figure 3, le système est le plus souvent fixé (60 %) directement à la droite du conducteur, le plus bas possible (= zone 8).

Figure 3 À gauche : le pourcentage de conducteurs qui placent un support sur le pare-brise, sur le tableau de bord ou à un autre endroit. À droite : le pourcentage de conducteurs qui placent leur système portable dans la zone 1-10.



2.1.2.5 Placement de tablettes ou smartphones avec appli de navigation

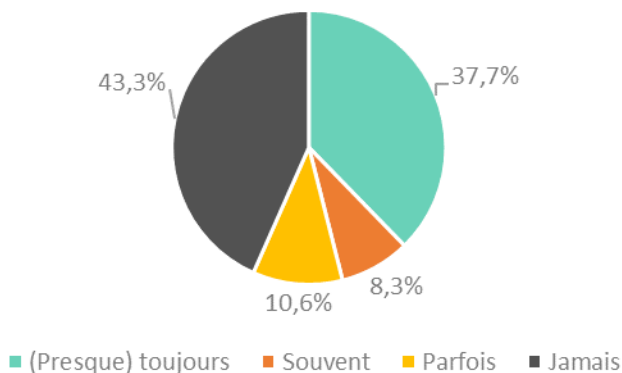
Si les participants ont indiqué qu'ils utilisaient une appli de navigation sur leur smartphone ou leur tablette, les questions susmentionnées ont été posées également. On a d'abord demandé aux participants d'indiquer sur une échelle de quatre points (jamais - parfois - souvent - (presque) toujours) dans quelle mesure ils utilisent un support pour placer l'appareil dans leur voiture :

Si vous utilisez une application de navigation, utilisez-vous un support pour smartphone ou tablette pour fixer votre appareil ?

Parmi tous les participants ayant indiqué utiliser une appli de navigation, 46 % utilisent (presque) toujours ou souvent un support (voir Figure 4).

Figure 4 Pourcentage de conducteurs utilisant un support pour smartphone ou tablette lors de l'utilisation d'une appli de navigation.

Si vous utilisez une appli de navigation, utilisez-vous un support pour smartphone ou tablette pour fixer votre appareil?



On s'est ensuite interrogé sur l'endroit où est déposé le système avec l'appli de navigation si aucun support n'est utilisé (n = 133), sur la base de la question à choix multiples suivante :

Si vous n'utilisez pas de support, où placez/déposez-vous habituellement votre smartphone/tablette ?

- Sur vos genoux
- Sur le siège passager
- Entre le volant et le compteur de vitesse
- Entre le levier de vitesses et l'avant de la voiture
- Je place/dépose le système à un autre endroit : _____

Lorsqu'aucun support (n = 207) n'est utilisé, le smartphone ou la tablette est surtout placé entre le levier de vitesses et l'avant du véhicule (39 %), ou déposé sur le siège passager (27 %). Les endroits les moins populaires pour placer le smartphone ou la tablette sont l'endroit entre le volant et le compteur de vitesse (17 %) ou sur les genoux (3 %). Lorsque les participants indiquent qu'ils placent le système à un autre endroit (13 %), la réponse est souvent « le passager le tient ».

On a demandé aux participants qui utilisaient un support (n = 188) où ils le plaçaient, à l'aide de la question suivante :

Où fixez-vous habituellement votre support pour smartphone ou tablette ?

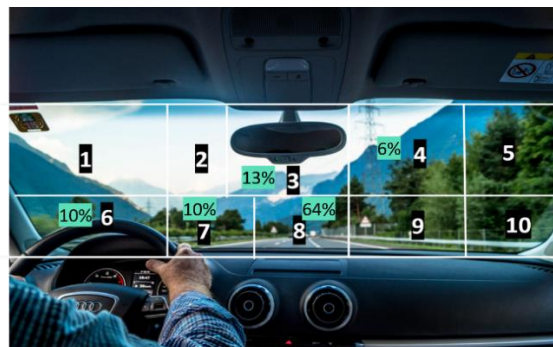
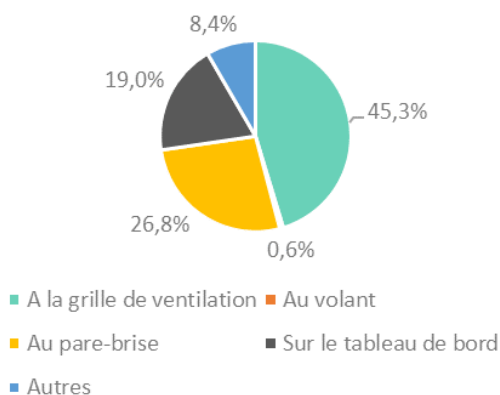
- À la grille de ventilation
- Au volant
- Au pare-brise
- Sur le tableau de bord
- Autre

L'endroit le plus populaire pour fixer une tablette ou un smartphone est la grille de ventilation (45 %), suivie du pare-brise (27 %) et du tableau de bord (19 %) (voir Figure 5).

Si les conducteurs indiquaient fixer le système au pare-brise, on leur demandait de préciser l'endroit du pare-brise (n = 50). On a montré la photo d'un pare-brise, divisé en 10 zones, aux participants. Ils devaient ensuite indiquer dans laquelle de ces 10 zones, ils fixaient habituellement le système. Comme le montre la Figure 5, le système est le plus souvent fixé (64 %) à la droite du conducteur, le plus bas possible (= zone 8).

Figure 5 Gauche: le pourcentage de conducteurs qui placent un support pour smartphone ou tablette à différents endroits de la voiture. Droite: le pourcentage de conducteurs qui fixent leur support dans les 10 compartiments du pare-brise.

Où fixez-vous habituellement votre support pour smartphone ou tablette?



2.1.2.6 Informations utilisées

Afin de contrôler le type d'informations le plus couramment utilisé (information visuelle et/ou message audio), il fallait répondre à la question suivante sur une échelle de quatre points (jamais - parfois - souvent - (presque) toujours) :

Quelles informations de votre système de navigation utilisez-vous ?

- *J'utilise à la fois les informations visuelles (p. ex. représentation cartographique) et les messages audio*
- *J'utilise uniquement les informations visuelles*
- *J'utilise uniquement les messages audio*

79 % des participants utilisent souvent ou (presque) toujours les deux sources d'informations (tant visuelles qu'audio). 38 % indiquent utiliser principalement des informations visuelles (souvent + (presque) toujours). Enfin, 25 % affirment surtout utiliser les messages audio (souvent + (presque) toujours).

2.1.2.7 Comportements relatifs aux systèmes de navigation

Enfin, quatre questions ont été posées pour comprendre les comportements à l'égard des systèmes de navigation dans la voiture. Il fallait répondre à chacune de ces questions à l'aide d'une échelle à cinq points (pour les trois premières questions : pas d'accord, plutôt pas d'accord, neutre, plutôt d'accord, d'accord - pour la dernière question : pas du tout fiable, plutôt pas fiable, neutre, plutôt fiable et très fiable).

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes ?

- *Le système de navigation me donne un plus grand sentiment de sécurité en voiture.*
- *Je comprends toujours exactement ce que veut dire mon système/application de navigation et ce que je dois faire*
- *Je trouve qu'un système/une application de navigation dans la voiture, c'est dangereux*

Comment qualifieriez-vous le degré de fiabilité des informations que vous voyez sur votre système de navigation ?

71 % des participants sont (plutôt) d'accord (score 4 + score 5) avec l'affirmation indiquant que le système de navigation donne un plus grand sentiment de sécurité dans la voiture. De plus, 69 % sont (plutôt) d'accord avec l'affirmation indiquant qu'ils comprennent exactement ce que le système veut dire. Seuls 7 % sont (plutôt) d'accord avec l'affirmation indiquant qu'il est dangereux d'utiliser un système de navigation dans la voiture et 89 % considèrent que les informations du système de navigation sont (plutôt) fiables.

2.1.3 Discussion

Sur la base des résultats ci-dessus, nous pouvons tirer plusieurs conclusions. Il existe tout d'abord une différence entre la « possession » et l'« utilisation » des systèmes de navigation numériques. Les conducteurs possèdent souvent plusieurs systèmes (22 %). Bien qu'environ autant de participants possèdent un système intégré (50 %) qu'un système portable (47 %), un système intégré est, en pratique, plus souvent (43 %) utilisé qu'un système portable (32 %). Cela s'explique probablement par la plus grande facilité d'utilisation d'un système intégré, alors que l'installation et l'initialisation d'un système portable nécessitent plus de temps et d'efforts. D'un point de vue général, moins d'automobilistes disposent d'applications de navigation (34 %). Elles sont donc aussi généralement les moins utilisées (24 %). Les applications de navigation sont toutefois populaires auprès des utilisateurs plus jeunes. 64 % des 18-35 ans en disposent, et 51 % l'utilisent souvent ou (presque) toujours.

Lors de l'utilisation d'un système portable, un support est généralement utilisé (80 %). L'endroit le plus populaire pour fixer le système est la zone 8 du pare-brise (au milieu dans la partie inférieure) (voir Figure 3). Étonnamment, un support est beaucoup moins souvent utilisé (46 %) lors de l'utilisation d'application de navigation. Les endroits les plus populaires pour fixer une tablette ou un smartphone avec appli de navigation sont la grille de ventilation et le pare-brise (zone 8).

La majorité des participants utilise à la fois les informations visuelles et les messages audio du système. Il n'a malheureusement pas été possible de déduire de ces données si l'utilisation relative des informations visuelles et des messages audio était influencée par le type de système de navigation ou s'il était conseillé d'utiliser un support.

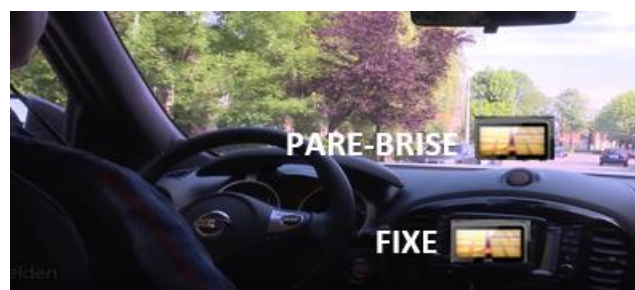
En général, les avis sont positifs à l'égard des systèmes de navigation dans la voiture. L'utilisation de systèmes de navigation donne un plus grand sentiment de sécurité. Les ordres du système sont généralement clairs. Le système n'est pas considéré comme dangereux et l'information est considérée comme fiable.

Comme déjà indiqué, un objectif important de cette première étude était de déterminer la procédure de test de l'étude de la poursuite oculaire. Nous voulions notamment apprendre avec cette étude par questionnaire quelles étaient les deux configurations du système de navigation les plus fréquemment utilisées en voiture. Nos résultats montrent

- (1) qu'un système intégré est le système le plus fréquemment utilisé ;
- (2) qu'un support, lorsqu'il est utilisé, est essentiellement placé dans la zone 8 du pare-brise ;
- (3) que des smartphones ou des tablettes sont aussi souvent fixés à la grille de ventilation.

C'est pourquoi nous avons représenté les deux endroits illustrés à la Figure 6, dans la procédure de test de l'étude de poursuite oculaire. L'emplacement indiqué par « Fixe » correspond à l'emplacement d'un système intégré et à la position d'un système fixé à la grille de ventilation. L'emplacement indiqué par « Pare-brise » correspond à la zone 8 du pare-brise.

Figure 6 Illustration des deux configurations « Pare-brise » et « Fixe » qui ont été utilisées dans l'étude de poursuite oculaire.



2.2 Étude de poursuite oculaire

2.2.1 Méthode

2.2.1.1 Échantillon

Un total de 39 personnes (19 hommes et 20 femmes) ont participé à l'expérience. Cinq personnes ont été recrutées par les chercheurs de l'institut Vias (connaissances des chercheurs). Les 34 autres personnes ont été recrutées par l'intermédiaire du bureau d'études de marché externe GfK (<https://www.gfk.com/en-be/>).

Pour des raisons techniques (voir ci-dessous), les analyses ont été réalisées sur les données récoltées auprès de 27 de ces personnes (16 hommes, 11 femmes).

Avant que les personnes ne puissent participer, plusieurs critères ont été testés. Les personnes devaient être âgées de 30 à 55 ans. Seuls des conducteurs droitiers² titulaires d'un permis de conduire B depuis au moins deux ans, qui effectuent au moins 1 500 km/an et conduisent la voiture au moins une fois par semaine, étaient admis. De plus, ces personnes devaient avoir de l'expérience avec l'un des appareils de navigation suivants dans la voiture : un système fixe, un système portable ou une application de navigation sur leur smartphone ou leur tablette. Il était également important pour l'enregistrement de la poursuite oculaire que les personnes ne portent pas de lunettes ou de lentilles et ne se maquillent pas (yeux).

On a demandé aux personnes qui ont indiqué qu'elles utilisaient un système portable ou une application de navigation si elles fixaient ces systèmes à un support et, si tel était le cas, à quel endroit elles le fixaient.

La position préférée des personnes a été codée comme suit : les personnes qui fixaient leur propre système à la grille de ventilation de leur propre voiture ont été classées dans la catégorie « Préférence fixe ». Les personnes qui fixaient leur propre système au pare-brise de leur propre voiture (dans la zone 8, voir Figure 3) ont été placées dans la catégorie « Préférence pare-brise ». Les personnes qui disposaient d'un système de navigation fixe dans leur propre voiture étaient également classées dans la catégorie « Préférence fixe ».

L'âge moyen des 27 personnes dont les données ont été incluses dans les analyses était de 42 ans (avec un âge minimum de 31 ans et un âge maximum de 56 ans, DS = 7 ans). Quinze personnes avaient une préférence pour la position fixe et les 12 autres pour le pare-brise.

2.2.1.2 Conception de l'étude

Une procédure d'étude a été utilisée avec une répétition des mesures par personne : chaque personne a fait un parcours avec le système de navigation en position PARE-BRISE et un parcours avec le système de navigation en position FIXE (voir Figure 6 pour les deux configurations). La position du système de navigation (PARE-BRISE ou FIXE) a été répartie entre les personnes pour les trajets aller et retour. La moitié des personnes a conduit à l'aller avec le système de navigation dans la configuration PARE-BRISE et au retour avec le système de navigation dans la configuration FIXE. L'autre moitié des personnes a conduit pendant l'aller avec le système de navigation en position FIXE et au retour avec le système de navigation en position PARE-BRISE. Le même appareil a été utilisé pour les deux configurations et les instructions en position PARE-BRISE et FIXE étaient identiques.

Il y avait deux points de départ possibles pour l'expérience : le parking de l'hypermarché Carrefour à Oostakker (CARREFOUR) et le parking du hall sportif Driebeek à Gentbrugge (DRIEBEEK). Si le lieu de départ était le CARREFOUR, le parcours aller allait du parking de l'hypermarché Carrefour au parking du hall sportif Driebeek à Gentbrugge. Pour le retour, le parcours partait du parking du hall sportif Driebeek pour se rendre au parking de l'hypermarché Carrefour (CARREFOUR - DRIEBEEK - CARREFOUR). Si le lieu de départ était DRIEBEEK, les parcours se faisaient dans l'ordre inverse (DRIEBEEK - CARREFOUR - DRIEBEEK).

² Les gauchers sont davantage susceptibles d'attacher un système de navigation (portable ou smartphone/tablette) à leur gauche pour pouvoir commander le système de la main gauche. Dans cette étude, le système de navigation était toujours fixé à la droite de la personne. Nous avons ajouté à l'étude le critère de personnes droitnières pour éviter que les effets de cette étude ne soient dus à des différences entre la position que la personne utilise habituellement et la position utilisée dans cette étude.

Le lieu de départ (CARREFOUR ou DRIEBEEK), le sexe de la personne, la position de départ (= la position pendant le trajet aller) du système de navigation (PARE-BRISE ou FIXE) et la position préférée (PRÉFÉRENCE PARE-BRISE OU PRÉFÉRENCE FIXE) étaient répartis entre tous les participants.

2.2.1.3 Itinéraire, matériel et questionnaires

Le travail sur le terrain s'est déroulé en semaine entre 9 h 30 et 16 heures, ce qui a permis d'éviter les heures de pointe. Les tests étaient réalisés par max. trois personnes par jour. Un créneau horaire de 2 heures était prévu pour chaque personne. Les heures de départ possibles étaient : 9 h 30 – 11 h 30 et 13 h 30. Le travail sur le terrain a commencé le 7 mai 2018 et s'est terminé le 26 juin 2018.

L'itinéraire a été indiqué au moyen d'un **système de navigation** portable (TOMTOM start 52). Ce système de navigation a été fixé à l'aide du support fourni. Selon la position (PARE-BRISE ou FIXE), le système était placé dans la zone 8 du pare-brise ou à côté du volant, voir Figure 6 pour un exemple des deux configurations.

Il y avait deux **parcours d'essai** différents, à savoir un parcours de DRIEBEEK au CARREFOUR et un parcours du CARREFOUR à DRIEBEEK. Le questionnaire après l'expérience a montré que dix personnes parcouraient souvent (des parties de) l'itinéraire et que sept personnes n'empruntaient jamais (aucune partie de) cet itinéraire. Les autres participants sillonnaient parfois (des parties de) l'itinéraire. Les itinéraires étaient situés dans un environnement urbain avec une densité de trafic moyenne, et essentiellement en agglomération où la vitesse est limitée à 30 km/h et 50 km/h. Cet environnement présente en outre un bon mélange d'utilisateurs de la route (cyclistes, piétons, voitures, mais aussi camionnettes et transports publics).

Avant le début de l'expérience, les participants réalisaient un bref parcours pour se familiariser avec le véhicule. Selon le lieu de départ, ce parcours de familiarisation était effectué à proximité du CARREFOUR ou de DRIEBEEK. Ces quatre itinéraires différents (deux parcours d'essai et deux parcours de familiarisation) ont été effectués au préalable par le responsable du test et sauvegardés via la fonction d'enregistrement du système de navigation. Les indications données par itinéraire étaient donc toujours les mêmes et proposées au même moment de l'itinéraire par une voix masculine et en néerlandais. Le tableau ci-dessous indique, pour chaque itinéraire, la distance en km et le nombre d'instructions du système de navigation.

Tableau 3 Aperçu du nombre de km et du nombre d'instructions pour les deux parcours de familiarisation et les deux parcours d'essai.

Itinéraire	Distance (en km)	Nombre d'instructions
Parcours de familiarisation CARREFOUR	1,7	7
Parcours de familiarisation DRIEBEEK	3,2	8
Parcours d'essai CARREFOUR → DRIEBEEK	7,0	12
Parcours d'essai DRIEBEEK → CARREFOUR	7,1	13

Les **lunettes de poursuite oculaire** utilisées dans le cadre de cette étude étaient les lunettes « pupil headset » de la société pupil-labs (<https://pupil-labs.com>). Ces lunettes étaient équipées de deux types de caméras. La caméra dite d'observation était située à l'avant des lunettes et enregistrait l'image que les personnes voyaient au travers des lunettes. Cette caméra enregistrait 60 images par seconde avec une résolution de 1280 x 720 pixels par image. La portée du champ visuel enregistrée par la caméra était de 100° en diagonale.

Outre cette caméra d'observation, les lunettes étaient pourvues de deux caméras de poursuite oculaire (une par œil). Ces caméras se trouvaient à l'intérieur des lunettes et enregistraient les mouvements oculaires de la personne. La détermination de la direction du regard a été réalisée grâce à la lumière infrarouge qui a été projetée sur l'œil. Les reflets de cette lumière sur la pupille se sont traduits par une image contrastée qui a été filmée par les caméras de poursuite oculaire. Les images ont été obtenues à une fréquence d'échantillonnage de 200 Hz. En appliquant des algorithmes spécifiques à cette image de contraste, on a pu calculer la direction du regard pour les deux yeux.

Figure 7 À gauche : configuration en position pare-brise. À droite : configuration en position fixe.
En bas : Lunettes de poursuite oculaire « pupil headset »



Deux **questionnaires** ont été complétés. Tout d'abord, le « NASA Task Load Index » (Hart & Staveland, 1988) a été complété après chaque essai. Il s'agit d'un questionnaire en anglais fréquemment utilisé qui rend compte de la charge de travail générale (Hart & Staveland, 1988). Le questionnaire comportait six éléments. Trois de ces six éléments se rapportaient à la charge de travail ressentie par la personne : « charge mentale », « charge physique » et « charge temporelle ». Les trois autres points concernaient l'interaction entre la personne et la tâche : « prestation », « effort » et « frustration ». Les personnes ont indiqué leur réponse pour chacun de ces six points en plaçant une croix sur un axe bipolaire (p. ex. très bas/très haut) comportant 20 subdivisions. Si la personne éprouvait des difficultés à comprendre l'anglais, les questions étaient traduites oralement. Voir Annexe 3 pour le questionnaire complet.

À la fin de l'expérience, les personnes ont ensuite rempli un questionnaire sur une tablette. Ce questionnaire comprenait 26 éléments (le questionnaire complet se trouve en Annexe 4). Les questions posées correspondaient en grande partie à celles posées lors de la première étude (étude par questionnaire). On a, plus précisément, posé des questions sur (1) les systèmes de navigation disponibles et utilisés, (2) la façon dont les personnes ont fixé ces systèmes dans leur propre voiture, (3) les informations qu'elles ont utilisées (visuelles et/ou audio) et (4) leurs comportements face aux systèmes de navigation dans la voiture. Par rapport à l'étude par questionnaire, plusieurs questions supplémentaires ont été posées quant au ressenti de la personne pendant l'expérience elle-même et plus spécifiquement sur la comparaison entre les deux parcours (PARE-BRISE et FIXE). Le temps pour compléter ce questionnaire a été évalué à maximum 10 minutes.

2.2.1.4 Déroulement de l'expérience

La personne était accueillie par deux responsables du test (chercheurs de l'institut Vias) sur le parking du lieu de départ (CARREFOUR ou DRIEBEEK). Les personnes ne savaient pas quel était le but de l'étude, de sorte que leur comportement ne pouvait pas être influencé. On leur a seulement dit à l'avance que leurs mouvements oculaires seraient enregistrés et qu'ils devraient se rendre à un certain endroit à l'aide d'un système de navigation. On leur a toutefois indiqué qu'il serait possible d'obtenir des explications supplémentaires sur les questions spécifiques de l'étude à la fin de la participation.

Toutes les personnes ont signé un formulaire de consentement éclairé avant le début de l'expérience. Ils ont ensuite pris place dans la voiture du test (Nissan Juke blanche diesel). Les personnes ont eu l'occasion d'ajuster leur siège et les rétroviseurs. On leur a demandé d'éteindre leur GSM (smartphone). On les a ensuite équipés de lunettes de poursuite oculaire. L'un des responsables du test a positionné la caméra d'observation des lunettes de manière à ce que le recoupement entre ce que la personne voyait et ce que la caméra filmait soit optimal. Les lunettes étaient ensuite calibrées. On a, pour ce faire, demandé à la personne de sortir de la voiture et de mettre une casquette. De cette façon, l'incidence de la lumière était réduite facilitant la procédure d'étalonnage. Un des responsables du test a placé les deux caméras oculaires

de façon à ce que les deux yeux soient clairement visibles. La procédure d'étalonnage a ensuite commencé : le deuxième responsable du test se tenait à environ 3 mètres devant la personne avec un marqueur visuel. Le marqueur visuel a été tenu dans différentes positions. On a demandé à la personne de garder la tête immobile et de suivre ce marqueur visuel des yeux. On a ensuite demandé à la personne de fixer des éléments spécifiques de l'environnement visuel immédiat. Le premier responsable du test a vérifié avec les images de la caméra d'observation si la direction du regard indiquée par le logiciel correspondait aux objets de l'image. Si ce n'était pas le cas, il fallait recommencer l'étalonnage.

Avant le début de l'expérience, un court parcours de familiarisation a été effectué (voir Tableau 3 pour le détail des parcours). Ce parcours de familiarisation permettait à la personne de s'habituer à la conduite de la voiture de location, aux lunettes et au système de navigation. À la fin de ce parcours, on demandait à la personne si elle se sentait suffisamment à l'aise pour commencer l'expérience. Si ce n'était pas le cas, le parcours de familiarisation pouvait être prolongé. Toutes les personnes se sont senties suffisamment à l'aise après le parcours de familiarisation pour démarrer l'expérience.

On a expliqué aux personnes qu'elles devaient se comporter comme si elles étaient seules dans la voiture. On a insisté sur le fait qu'il n'y aurait pas de communication entre les responsables du test eux-mêmes et entre les responsables du test et la personne. On a par ailleurs clairement indiqué aux personnes qu'elles ne devaient pas régler le système de navigation et qu'elles devaient respecter le code de la route.

Les lunettes de poursuite oculaire étaient connectées à un ordinateur portable. Le deuxième responsable du test était assis sur la banquette arrière de la voiture, derrière le conducteur avec cet ordinateur portable, et pouvait ainsi vérifier si les mouvements des yeux étaient enregistrés correctement. Le premier responsable du test était assis à côté du participant sur le siège passager.

Au terme du parcours aller, la personne testée a garé la voiture sur le parking de DRIEBEEK ou CARREFOUR (selon le lieu de départ). Elle a rempli une version papier du « NASA Task Load Index ». Pendant ce temps, le système de navigation était fixé dans l'autre position. Pour ne pas révéler le but de l'expérience, on a procédé de la façon suivante. Le responsable du test installé à l'avant de la voiture a demandé à l'autre responsable si le système de navigation était bien visible à l'arrière de la voiture. L'autre responsable du test répondait (1 : au cas où le système devait être fixé en position FIXE) qu'il y avait trop de lumière et qu'il serait préférable de placer le système un peu plus bas ou (2 : au cas où le système devait être fixé en position PARE-BRISE) que le système était trop bas et que le parcours serait plus facile à suivre si le système était fixé au niveau du pare-brise. Le responsable du test à l'avant de la voiture a dès lors déplacé le système de navigation. Le nouvel itinéraire a ensuite été programmé dans le système de navigation. En guise de contrôle, le responsable du test installé à l'arrière a demandé au participant de regarder dans les trois rétroviseurs de la voiture. De cette façon, il pouvait vérifier si les mouvements oculaires étaient toujours enregistrés correctement. Si c'était bien le cas, le parcours du retour pouvait démarrer. Si ce n'était pas le cas, un nouvel étalonnage devait être réalisé.

À l'arrivée du trajet retour, la personne garait à nouveau la voiture sur le parking du lieu de départ (DRIEBEEK ou CARREFOUR). Le NASA Task Load Index a de nouveau été complété, mais pour ce qui concerne le trajet du retour. Les lunettes ont ensuite été retirées et on a demandé à la personne de répondre sur une tablette à une série de questions post-test. Après avoir rempli le questionnaire, les participants étaient remerciés pour leur participation. Le cas échéant, ils ont reçu des explications supplémentaires sur l'objectif et les questions d'étude de l'expérience. Les personnes ont reçu une rémunération de 30 euros en échange de leur participation.

Les deux essais ont chacun duré 15 à 20 minutes. L'entièreté de l'expérimentation durait environ 1 h à 1 h 30.

2.2.2 Analyses

2.2.2.1 Conversion des données brutes

Afin de déterminer les fixations pendant les parcours d'essai, les images de la caméra d'observation et les images des mouvements des yeux ont été combinées en une seule vidéo avec le logiciel Pupil Player de pupil-labs (version 0.9.14.7). Des fixations ont ensuite été déduites de toutes ces images sur la base d'algorithmes « dispersion-based » (Salvucci & Goldberg, 2000). Ces algorithmes identifient des fixations comme un groupe de points du regard successifs qui se trouvent à une certaine distance et affichent une durée minimale. Dans cette étude, on a utilisé les réglages standard de pupil-labs : la distance maximale

entre tous les points du regard d'une fixation était de 1° maximum (angle visuel) et on a appliqué une durée minimale de 150 ms pour définir un groupe de points du regard comme étant une fixation. On suppose généralement que des fixations plus courtes n'entraînent pas un traitement significatif des informations visuelles qui ont été enregistrées par la rétine pendant la fixation (Rayner, Smith, Malcolm, & Henderson, 2009).

2.2.2.2 Codage des zones d'intérêt

Les vidéos ont ensuite été visionnées et chaque fixation a été codée manuellement comme appartenant à 1 des 10 zones d'intérêt pertinentes pour la circulation ou à une catégorie résiduelle « autres » (les fixations qui ne font pas partie de l'une des zones d'intérêt sélectionnées et pertinentes pour la circulation. Toutefois, cela n'exclut pas qu'aucun élément pertinent pour la circulation n'ait également été examiné ici, par ex. l'environnement routier général).

Les zones d'intérêt pertinentes pour la circulation que nous avons définies dans cette étude sont les suivantes :

- (1) le système de navigation
- (2) les cyclistes
- (3) les piétons
- (4) la signalisation routière
- (5) la circulation motorisée arrivant en sens inverse
- (6) la circulation motorisée allant dans le même sens
- (7) le rétroviseur droit
- (8) le rétroviseur gauche
- (9) le rétroviseur intérieur
- (10) les fixations dans la voiture en dehors du système de navigation
- (11) les fixations autres (fixations à l'extérieur de la voiture en dehors des zones d'intérêt précédemment sélectionnées)

Sur la base de ce codage, il a ensuite été possible de calculer le nombre total de fixations dans une zone d'intérêt pertinente, ainsi que la durée de ces fixations.

2.2.2.3 Critères d'inclusion des données brutes

Sur les 39 personnes initialement admises dans l'expérience, une seule a été exclue des données en raison d'un comportement de conduite imprudent. Par ailleurs, en raison de problèmes techniques liés à l'enregistrement de la poursuite oculaire, 25 parcours (dont 12 en position « pare-brise » et 11 pendant le trajet aller) n'ont pas fourni suffisamment de données exploitables. Les analyses ont été effectuées sur les 51 parcours restants (27 allers et 24 retours), effectués par 27 personnes différentes. Le système de navigation a été fixé au pare-brise lors de 26 parcours et était en position fixe pour les 25 autres parcours.

Voir Tableau 4 pour un aperçu de la répartition des parcours finalement inclus dans les analyses entre les quatre variables suivantes : position de départ (PARE-BRISE/FIXE) x lieu de départ (CARREFOUR/DRIEBEEK) x sexe (HOMME/FEMME) x position préférée (PARE-BRISE/FIXE).

Tableau 4 Aperçu du nombre de parcours inclus dans les analyses pour chaque zone de l'étude.

Position de départ								
		PARE-BRISE	PARE-BRISE total		FIXE	FIXE total		Total
Lieu de départ								
sexe	Préférence	CARREFOUR	DRIEBEEK		CARREFOUR	DRIEBEEK		
Hommes	PARE-BRISE	5	4	9	5	4	9	18
	FIXE	3	3	6	3	3	6	12
Total hommes		8	7	15	8	7	15	30
Femmes	PARE-BRISE	1	2	3	1	1	2	5
	FIXE	5	3	8	5	3	8	16
Total femmes		6	5	11	6	4	10	21
TOTAL		14	12	26	14	11	25	51

Des parties de l'itinéraire ont, a posteriori, été retirées de l'analyse pour deux personnes. Dans un cas, la route a été bloquée par un accident de bus et une route alternative a été empruntée pour rejoindre le parcours d'essai. Dans l'autre cas, il y avait une déviation sur le parcours d'essai. De ce fait, un itinéraire alternatif a de nouveau été emprunté pour rejoindre le parcours d'essai. Pour les deux personnes, les instructions du système de navigation n'étaient plus correctes pendant l'itinéraire alternatif, c'est pourquoi ces parties de l'itinéraire ont été retirées des analyses.

Comme la déviation a été mise en place jusqu'après le travail sur le terrain, nous avons légèrement modifié les itinéraires. Les itinéraires ont été réenregistrés à l'aide de la fonction d'enregistrement du système de navigation et les personnes 26 à 40 ont réalisé des parcours légèrement adaptés. De ce fait, les deux parcours étaient 500 m plus long.

2.2.2.4 Analyses

Les mouvements des yeux ont, à chaque fois, été enregistrés pendant l'ensemble du parcours. Seuls les premiers et les derniers mètres (= l'entrée et la sortie des parkings) n'ont pas été pris en compte dans les analyses. Tant les données des mouvements des yeux que les scores au questionnaire NASA Task Load Index ont été analysés à l'aide de modèles mixtes. Pour l'analyse des données sur la poursuite oculaire, la position du système de navigation et les zones d'intérêt ont toujours été incluses dans le modèle en tant que fixed effects factor, parfois dans un terme d'interaction combiné à une « préférence personnelle » ou « parcours » (aller et retour). Pour le questionnaire NASA Task Load Index, la position de navigation et les six sous-échelles ont été incluses comme fixed effects dans le modèle. L'intercept des personnes a toujours été utilisée comme variable aléatoire. Lorsque l'effet du « parcours » n'a pas été inclus comme fixed factor, l'intercept a également été utilisée comme facteur aléatoire. Les analyses ont été réalisées dans R (version R6 v3.2.0, R Core Team, 2018). Les données ont été analysées sur base d'une estimation du maximum de vraisemblance pour modèles linéaires mixed (maximum likelihood linear mixed-effect models). Pour ce faire, on a utilisé la procédure lmer de la lmeTest library dans R (Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, 2017). La différence entre les deux positions de navigation a été déterminée à l'aide de la méthode « joint tests » de l'emmeans library (Russell, 2018) pour chaque zone séparément.

Les données sur la poursuite oculaire pour chaque zone d'intérêt sont représentées de façon graphique en boxplots. La ligne centrale indique la médiane. Le box lui-même englobe les points de données qui se situent entre le premier et le troisième quartile. Les lignes simples représentent la largeur de diffusion des données. La ligne inférieure se termine au dernier point de données qui correspond à une fois et demie la largeur du boxplot lui-même, dans le premier quartile. La ligne supérieure se termine au dernier point de données qui correspond à une fois et demie la largeur du boxplot au-dessus du troisième quartile. Les valeurs inférieures ou supérieures à ces valeurs sont représentées individuellement sous forme de points et considérées comme des différences marquées dans les données. Les différences entre valeurs atteignant un seuil de signification de $p \leq 0,05$ sont indiqués par un astérisque (« * »). Un seuil de signification marginal (niveau compris entre 0,05 et 0,07) est indiquée par un astérisque entre parenthèse - « (*) ».

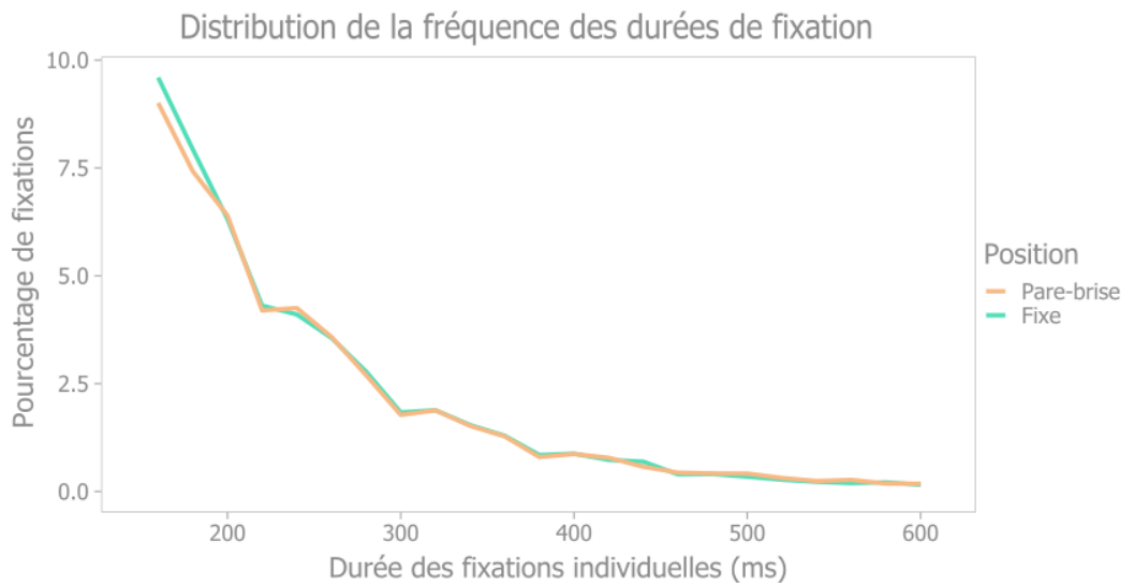
2.2.3 Résultats

Le Tableau 5, à la fin de la partie sur la poursuite oculaire de ce chapitre, donne un aperçu de tous les résultats par zone d'intérêt.

2.2.3.1 Description des données brutes

826 fixations individuelles en moyenne ont été enregistrées par parcours (min. 279, max. 1 867). La Figure 8 montre la distribution des fréquences de la durée de fixation de toutes les fixations - ou combien de fixations de chaque durée étaient présentes en pourcentage dans les données - qui ont été utilisées pour les analyses, classées selon la position du système de navigation (pare-brise et fixe). Les fréquences ont été calculées pour des intervalles de 20 ms. Les fixations duraient en moyenne 247 ms. Les fixations d'une durée supérieure au 97,5^e percentile (= 609 ms) ont été considérées comme des différences importantes et ne sont donc pas incluses dans les analyses.

Figure 8 Distribution de la fréquence des durées de fixation par position du système de navigation. Les fixations inférieures à 150 ms et supérieures à 609 ms n'ont pas été incluses dans les analyses.



La distribution des fréquences montre que les fixations individuelles d'une durée de 150 à 170 ms étaient proportionnellement les fixations le plus souvent enregistrées. Le nombre de fixations diminue de façon exponentielle lors de l'augmentation de la durée de fixation. Comme on s'y attendait, la plus grande part des fixations individuelles (80 %) avait une durée de fixation comprise entre 150 et 300 ms. Le pic de la proportion des fixations enregistrées sur un cut-off de 150 ms de l'algorithme de détection suggère toutefois qu'une proportion significative des fixations réelles était tout de même inférieure à 150 ms. Comme nous l'avons mentionné plus haut, elles n'ont pas été incluses dans les analyses.

Pour les fixations supérieures à 200 ms, on ne note aucune différence au niveau de la durée de fixation entre les deux positions du système de navigation. Proportionnellement, un peu plus de fixations de moins de 200 ms semblent s'être produites en position fixe qu'en position pare-brise.

2.2.3.2 Temps de fixation du regard par zone d'intérêt

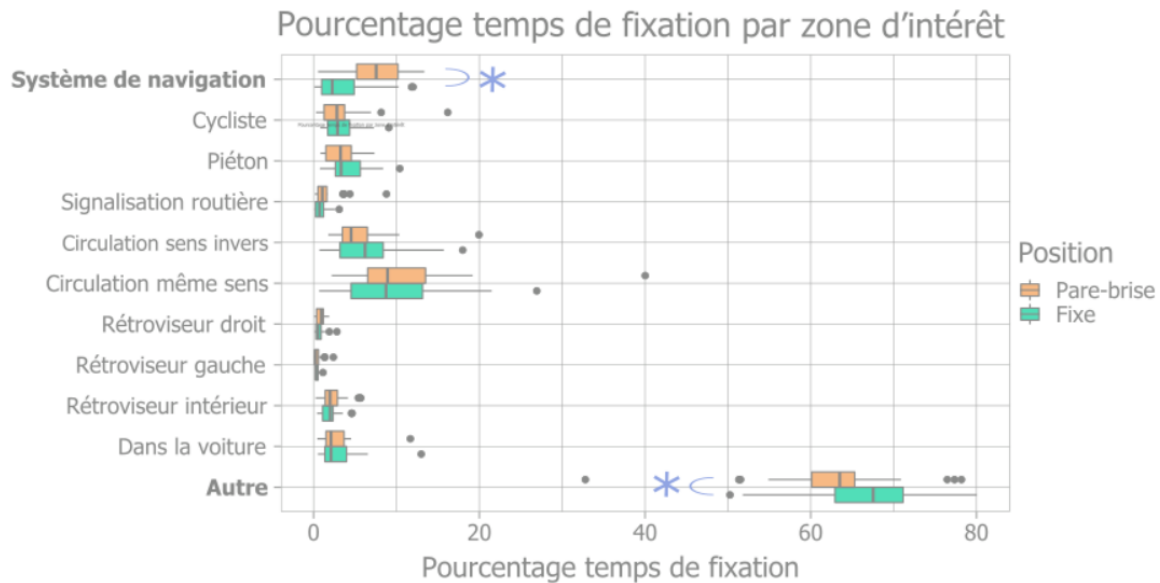
Le temps passé à regarder est le temps total pendant lequel une zone d'intérêt a été observée durant un parcours complet (voir Figure 9). Il a été calculé séparément pour chaque parcours sur la base du temps total de fixation sur une zone par rapport au temps total de fixation enregistré lors de ce parcours. Il s'agit donc d'une mesure proportionnelle dans laquelle le temps passé à regarder l'ensemble de toutes les zones d'intérêt correspond au temps de fixation total enregistré. De cette façon, le temps passé à regarder était indépendant du nombre de fixations enregistrées pendant le parcours. Ces dernières différaient du nombre réel de fixations réalisées, par exemple en raison d'une perte de données. On a évalué pour chaque zone d'intérêt si le temps passé à regarder le système de navigation en position pare-brise différait significativement de celui avec le système de navigation en position fixe.

Lorsque le système de navigation était fixé sur le pare-brise, 7,4 % du temps total passé à regarder y était consacré. Lorsque le système de navigation se trouvait en position fixe, ce pourcentage n'était que de 3,5 %. Cette différence était significative ($F(1, 515.8) = 10.69, p = 0.001$). Le temps de fixation sur « autre », qui correspond aux zones situées à l'extérieur de la voiture, mais pas à une zone codée pertinente, était plus important avec le système de navigation en position fixe qu'au pare-brise (66,2 % par rapport à 62,6 % ; $F(1, 509.6) = 9.00, p = 0.003$). La différence au niveau du temps de fixation entre les deux positions de fixation n'était significative ($p > 0,1$) dans aucune des autres zones d'intérêt particulières.

Le Tableau 5 donne un aperçu du pourcentage moyen du temps passé à regarder chaque zone d'intérêt pour les deux parcours (fenêtre ou fixe).

L'effet de la position du système de navigation était indépendant de la position préférée de la personne ($p > .1$). Proportionnellement, les personnes ne regardaient pas davantage le système de navigation pendant le trajet aller que pendant le trajet retour ($p > .1$).

Figure 9 Pourcentage du temps total de fixation enregistré sur chaque zone d'intérêt, séparément pour les parcours où le système de navigation était placé en position fixe ou sur le pare-brise. (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .05$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '*».



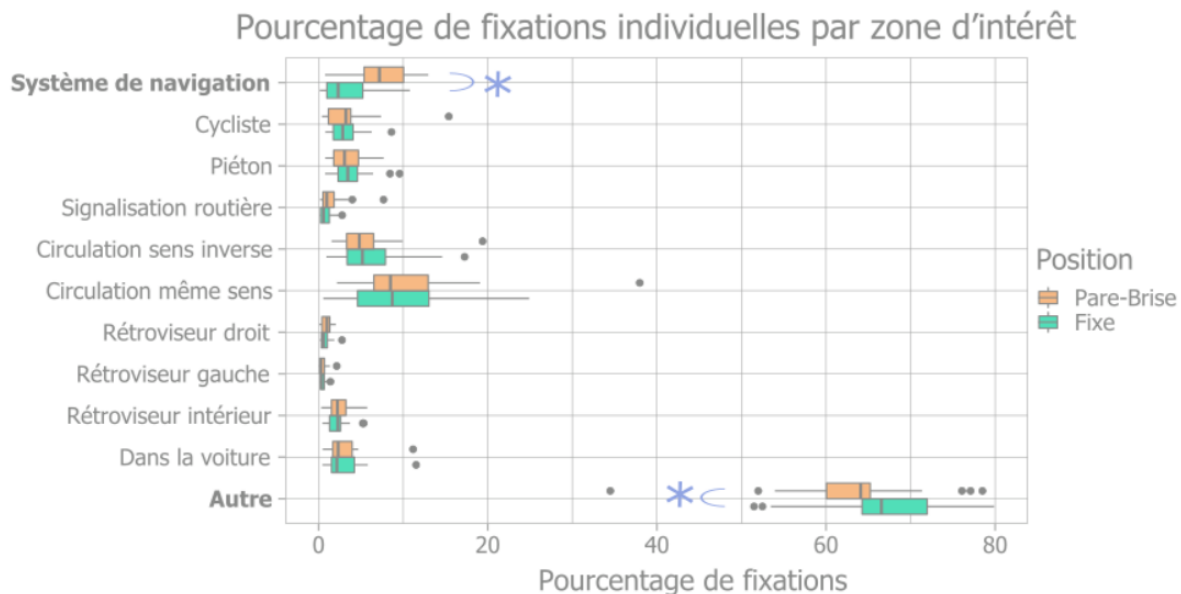
2.2.3.3 Nombre de fixations par zone d'intérêt

Le nombre de fixations par zone d'intérêt ou le nombre de mouvements oculaires effectués dans la zone d'intérêt (voir Figure 10) a été divisé pour chaque parcours séparément par le nombre total de fixations qui ont été enregistrées pendant ce parcours. Le nombre de fixations par zone d'intérêt est donc proportionnel au nombre total de fixations enregistrées, afin d'exclure des effets dus à la perte de données. L'effet de la position du système de navigation a été vérifié pour chaque zone d'intérêt.

Il y a eu beaucoup plus de fixations sur le système de navigation dans la position pare-brise que dans la position fixe ($F(1, 515.8) = 11.00, p = 0.001$). On a enregistré 7,3 % des fixations sur le système de navigation lorsqu'il était fixé au pare-brise, comparativement à seulement 3,5 % en position fixe. En position fixe, la catégorie résiduelle « autre » a enregistré davantage de fixations que le pare-brise (66,7 % par rapport à 63,0 % ; $F(1, 509,6) = 10.89, p = 0.001$). On n'a noté aucune différence entre les deux positions ($p > .1$) dans les domaines d'intérêt sélectionnés.

Le Tableau 5 donne un aperçu de la part des fixations individuelles de chaque zone d'intérêt pour les deux parcours (pare-brise ou fixe).

Figure 10 Pourcentage de fixations individuelles par zone d'intérêt et position du système de navigation (pare-brise, fixe), proportionnellement au nombre total de fixations enregistrées. (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .05$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '*'.



La position préférée de la personne elle-même ($p > .1$) n'a eu aucun effet. Il n'y avait pas non plus de différence dans le nombre de fixations sur le système de navigation entre les trajets aller et retour ($p > .1$).

2.2.3.4 Temps de fixation par zone d'intérêt

La durée des fixations individuelles (voir Figure 11) a été calculée séparément pour chaque parcours et chaque zone d'intérêt. De cette façon, chaque parcours a reçu le même poids dans les analyses, indépendamment des différences dans le nombre total de fixations enregistrées durant le parcours. L'effet de la position du système de navigation a été analysé pour chaque zone d'intérêt.

Les fixations sur le système de navigation duraient en moyenne 242 ms en position pare-brise, ce qui était légèrement plus long que dans la position fixe, où elles duraient en moyenne 225 ms. La différence était toutefois à la limite de la signification statistique ($F(1, 508.2) = 3.63, p = 0.057$). On n'a noté aucune différence au niveau de la durée de fixation entre les deux positions ($p > .1$) dans les autres zones d'intérêt.

Le Tableau 5 donne un aperçu de la durée moyenne des fixations individuelles de chaque zone d'intérêt pour les deux parcours (pare-brise ou fixe).

La position préférée de la personne individuelle n'avait aucun effet sur la durée de la fixation ni sur la différence entre les positions ($p > .1$). Il n'y avait pas non plus de différence au niveau de la durée des fixations sur le système de navigation entre les trajets aller et retour ($p > .1$).

Figure 11 Durée des fixations individuelles par zone d'intérêt et position du système de navigation (pare-brise, fixe). (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .07$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '(*)'.

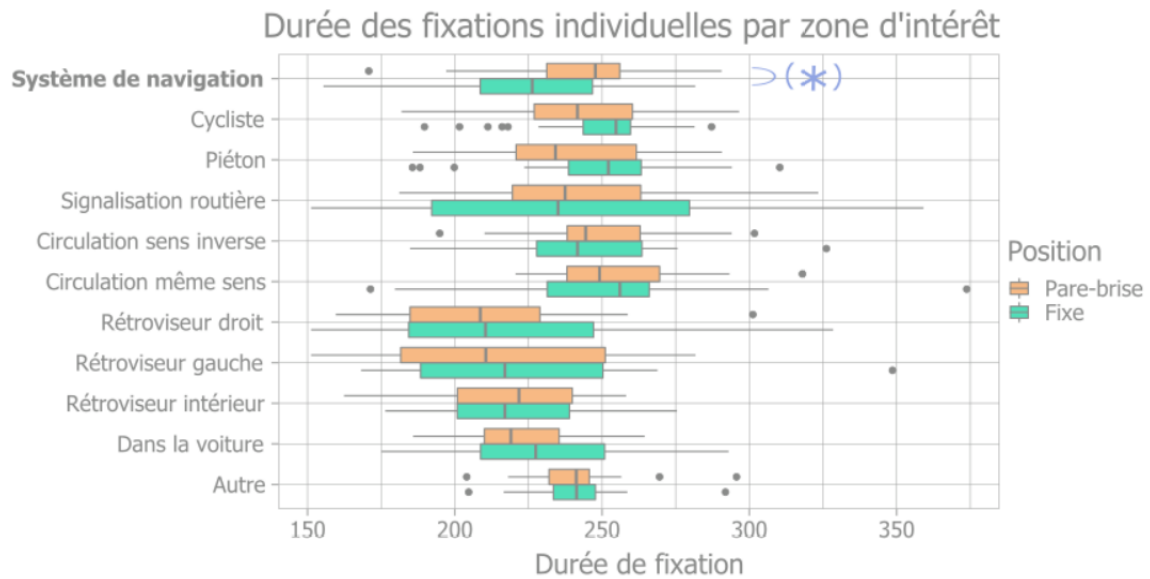


Tableau 5 Aperçu du pourcentage moyen du temps total passé à regarder, du nombre de fixations et de la durée moyenne de fixation individuelle, par zone d'intérêt pour les deux positions de navigation (pare-brise, fixe). Les différences significatives selon la méthode « joint test » sont indiquées en caractères gras accompagnées d'un '*' pour les seuils réellement significatifs ($p \leq .05$) et d'un '(*)' pour les seuils marginalement significatifs ($p > .05$ et $\leq .07$).

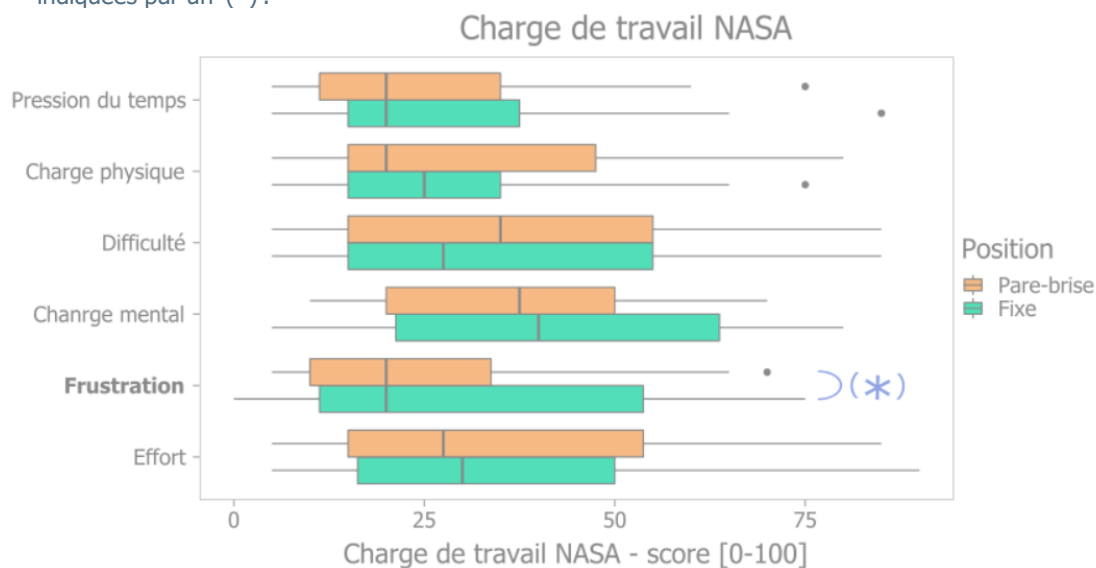
Zone d'intérêt	Temps total passé à regarder le système de navigation		Nombre de fixations individuelles		Durée de fixation individuelle	
	Pare-brise	Fixe	Pare-brise	Fixe	Pare-brise	Fixe
Système de navigation	7,4 % *	3,5 %	7,3 % *	3,5 %	242 ms (*)	225 ms
Cyclistes	3,4 %	3,4 %	3,3 %	3,3 %	242 ms	248 ms
Piétons	3,2 %	4,0 %	3,3 %	3,8 %	238 ms	251 ms
Signalisation routière	1,7 %	0,9 %	1,7 %	0,9 %	242 ms	239 ms
Véhicule venant en sens inverse	5,7 %	6,6 %	5,6 %	6,4 %	247 ms	245 ms
Véhicule précédant	11,3 %	10,0 %	10,8 %	9,6 %	254 ms	253 ms
Rétroviseur droit	0,8 %	0,7 %	0,9 %	0,8 %	210 ms	219 ms
Rétroviseur gauche	0,5 %	0,4 %	0,5 %	0,5 %	213 ms	224 ms
Rétroviseur intérieur	2,3 %	2,1 %	2,5 %	2,3 %	221 ms	220 ms
Dans la voiture	2,7 %	3,0 %	2,9 %	3,1 %	222 ms	229 ms
Autres	62,6 % *	66,2 %	63,0 % *	66,7 %	241 ms	241 ms

2.2.3.5 NASA Task Load Index

L'analyse des sous-échelles individuelles du NASA Task Load Index (questionnaire sur la charge de travail de la NASA) a révélé une différence marginalement significative entre les deux positions de navigation pour la sous-échelle « frustration » ($F(1, 397.3)=3.44$, $p = 0.064$) : un peu moins de participants se sont sentis frustrés (c'est-à-dire incertains, découragés, irrités, stressés ou ennuyés) lors de parcours où le système de navigation était fixé au pare-brise que lors de trajets où il était en position fixe. Ni l'effet de la position préférée ni l'interaction entre la position préférée et la position du système de navigation n'étaient significatifs ($p > .1$).

Il n'y avait aucune différence entre les positions de montage ($p > .1$) pour aucune sous-échelle ni pour l'ensemble de la charge de travail. De plus, aucune différence n'a été constatée entre les trajets aller et retour pour aucune sous-échelle ni pour l'ensemble de la charge de travail ($p > .1$).

Figure 12 Score de la charge de travail de la NASA par sous-échelle et position du système de navigation (pare-brise, fixe). (Box plot : Ligne médiane: médiane; Box: 1er au 3e quartile; Lignes: largeur de diffusion; Points: pics exceptionnels). Les différences statistiquement significatives ($p \leq .07$) selon la méthode « test joint » sont indiquées par un '(*)'.



2.2.3.6 Questionnaire post test

Seules les réponses des personnes dont les mouvements oculaires étaient inclus dans les analyses ont été analysées. Sur ces 27 personnes, 19 utilisaient la voiture au moins une fois par semaine à des fins professionnelles. Dix-sept personnes utilisaient parfois un système de navigation fixe. Un système de navigation portable était parfois ou régulièrement utilisé par 19 personnes. Ces groupes d'utilisateurs se recoupaient : 9 personnes ont indiqué qu'elles utilisaient parfois les deux types de systèmes de navigation. Seules 2 d'entre elles n'utilisaient jamais de support. Lors de l'utilisation d'un support, il était, dans 15 des 17 cas, fixé au pare-brise.

Quatorze personnes utilisaient parfois une application de navigation. Parmi celles-ci, seules 5 utilisaient parfois un support. Pour 3 de ces personnes, le support était fixé au pare-brise, pour 1 à la grille de ventilation et la dernière le fixait au tableau de bord. Les personnes qui n'utilisaient pas de support lorsqu'elles avaient recours à une appli plaçaient généralement le smartphone sur leurs genoux ou sur le siège passager.

Sur les 27 personnes, 23 ont trouvé de facile à très facile le fait d'utiliser le système de navigation durant les parcours de l'expérience. Les 4 autres étaient neutres. La plupart des personnes ont suivi tant les informations visuelles que les messages audio ($n = 20$). Seules 3 personnes ont utilisé uniquement les informations visuelles, et 4 uniquement les messages audio.

Seules 2 personnes ont indiqué être distraites de la circulation lorsque le système de navigation était fixé au pare-brise, tandis que 11 personnes ont indiqué être distraites par le système de navigation lorsqu'il était en position fixe. Lorsqu'on leur a demandé quelle position du système de navigation leur semblait la plus facile à suivre, seules 3 personnes ont indiqué une préférence pour la position fixe, tandis que 21 ont qualifié la position sur le pare-brise de plus facile.

Quatorze personnes ont pu deviner le but de l'expérience.

2.2.4 Discussion

2.2.4.1 Constatations importantes

Le système de navigation a été examiné beaucoup plus souvent et pendant une plus longue période lorsqu'il était placé sur le pare-brise plutôt qu'en position fixe. De plus, les fixations individuelles sur le système de navigation duraient aussi plus longtemps lorsqu'il était placé sur le pare-brise plutôt qu'en position fixe (seuil marginalement significatif).

Les personnes ont rapporté une charge de travail légèrement plus élevée lors des parcours avec le système de navigation dans la position fixe par rapport à la position sur le pare-brise. À la question de savoir quelle

position elles préféreraient, la grande majorité des personnes a répondu la fixation au pare-brise plutôt que la position fixe.

L'augmentation de la fréquence et du temps de fixation du système de navigation lorsqu'il était sur le pare-brise peut être le résultat à la fois d'un effet de distraction (plus important) du système de navigation dans le champ visuel et de la facilité avec laquelle l'attention peut être déplacée et répartie sur toutes les tâches à effectuer simultanément (regarder la route et le système de navigation). On ne peut en outre exclure que l'effet (ou une partie de l'effet) soit le résultat d'une imprécision dans l'enregistrement des mouvements des yeux.

2.2.4.2 Caractère distracteur d'un système de navigation

La présence du système de navigation au niveau de pare-brise pourrait constituer une distraction. Le temps de fixation et le nombre de fixations sur le système de navigation pourraient donc être plus importants, car l'attention est attirée par inadvertance sur le système de navigation, plus souvent et plus longtemps. Dans ce cas, le système de navigation se trouve dans la partie du champ visuel qui est la plus importante pour la conduite et qui est un objet ayant une grande « singularité » visuelle (visual « salience »).

La « singularité » visuelle est largement déterminée par la couleur (Itti, Koch, & Niebur, 1998 ; Jost, Ouerhani, von Wartburg, Muri, & Hugli, 2005 ; Engmann, Hart, Sieren, Onat, König, & Einhäuser, 2009), le contraste (Reinagel & Zador, 1999) et le mouvement (Abrams & Christ, 2003). Le système de navigation obtient de bons résultats pour ces trois facteurs grâce à son écran éclairé aux couleurs vives et aux images en mouvement. Il s'agit donc d'un stimulus visuellement attrayant. Nous savons que les stimulus avec une « singularité » visuelle importante dans une scène attirent l'attention et obtiennent ainsi plus de fixations (Itti & Koch, 2000 ; Reinagel & Zador, 1999).

Le rôle de la singularité visuelle dans l'attraction des mouvements oculaires est également d'autant plus important que l'objet se trouve au centre du champ visuel (Itti, 2006). L'effet de distraction de la « singularité » sera donc plus important lorsque le système de navigation est fixé au pare-brise qu'en position fixe.

Une fréquence de fixation plus élevée uniquement en raison d'un effet d'attention bottom-up et non pour des raisons top-down spécifiques à une tâche, se traduirait toutefois par des fixations plus courtes et plus volatiles que des fixations qui sont moins motivées par la « singularité », mais plutôt par des stratégies conscientes spécifiques à une tâche. La durée de la fixation dépend de la quantité d'informations qui doivent être traitées pendant la fixation elle-même (Rayner, 2009). Dans le cas d'un mouvement oculaire injustifié vers un stimulus visuel étonnant, mais sans rapport avec la tâche, la quantité d'informations à traiter sera moindre. Le mouvement des yeux sera alors corrigé rapidement.

Ce n'était cependant pas le cas lorsque le système de navigation était fixé au pare-brise, bien au contraire. Les fixations sur le système de navigation étaient plus brèves en position fixe que lorsque le système de navigation était fixé au pare-brise. Le temps de fixation plus long sur le système de navigation placé sur le pare-brise rend peu probable que le nombre plus élevé de fixations sur le système de navigation soit dû au caractère distrayant du système de navigation lui-même.

Il convient de noter que des fixations inférieures à 150 ms n'ont pas été incluses dans les données. On suppose généralement que des fixations plus courtes n'entraînent pas un traitement significatif des informations visuelles qui sont enregistrées par la rétine pendant la fixation (Rayner, Smith, Malcolm, & Henderson, 2009). Des fixations plus courtes, à partir de 40 ms seulement, peuvent cependant fournir à l'observateur une image générale de la scène appelée « gist » ou essence (Castelhano & Henderson, 2008). Il ne peut donc pas être complètement exclu que la présence du système de navigation dans le champ visuel en position pare-brise ait néanmoins entraîné une augmentation de ces fixations très brèves et non enregistrées du système de navigation, en raison des caractéristiques bottom-up attirant l'attention.

Toutefois, les données qualitatives du questionnaire de la NASA sur la charge de travail et les données préférentielles du questionnaire post-test contredisent l'hypothèse d'une augmentation du temps de fixation sur la base de la singularité bottom-up. Si le système de navigation au pare-brise provoquait des fixations par inadvertance, on s'attendrait à ce que les participants ressentent cette position comme dérangement et à ce que la préférence soit donnée à une position en dehors du champ visuel dominant. Ce n'était pas le cas. Au contraire, la position au pare-brise était de loin préférée à la position fixe et a été ressentie comme moins frustrante et moins distrayante que la position fixe.

L'hypothèse selon laquelle le système de navigation recevrait plus d'attention quand il est placé sur le pare-brise parce qu'il provoque une certaine distraction est donc assez peu probable si l'on en croit les données.

2.2.4.3 Déplacement et répartition de l'attention entre le contrôle du véhicule, la circulation et le système de navigation

Les deux positions de navigation diffèrent en ce qui concerne la facilité avec laquelle l'attention visuelle peut être déplacée et répartie entre les informations requises pour toutes les tâches à accomplir simultanément : navigation, contrôle du véhicule et interaction avec la circulation. Cette facilité de traitement simultané est fortement influencée par la proximité physique de toutes les sources d'information visuelle utilisées à cette fin.

La partie du champ visuel qui est traitée lors d'une fixation est plus importante que la zone fovéale fixée elle-même (Rayner, 2009). En une seule fixation, les personnes peuvent déplacer leur attention sur d'autres positions dans le champ visuel que sur le seul objet central fixe (Posner, 1980). Cependant, plus il y a d'objets en périphérie, plus cela prend du temps et plus il est difficile de les détecter (Williams, 1982 ; Chan & Courtney, 1993 ; Recarte et Nunes, 2003, Strasburger et Rentschler, 1996).

Pendant la conduite, les conducteurs expérimentés gardent habituellement les yeux fixés sur un point central de la route, situé quelques degrés sous l'horizon (Harbluk, Noy et Eizenman, 2002 ; Recarte et Nunes, 2000 ; Rockwell, 1972 ; Wierwille, 1993a, 1993 b ; Wann et Swapp, 2001). Ce point de fixation central est le centre de gravité de toutes les informations visuelles qui doivent être traitées pendant la conduite. Il permet de surveiller la position du véhicule sur la route, mais aussi de réagir à l'évolution de la circulation en périphérie. Les mouvements des yeux vers des positions contenant des informations pour une tâche secondaire (rétroviseurs, système de navigation, radio, etc.) commenceront donc à partir de ce point et, après fixation sur l'emplacement secondaire, retourneront également à ce point.

Un déplacement de l'attention entre deux objets visuels est d'autant plus facile que le nouvel objet est proche de la position fixe actuelle. De plus, les objets qui se trouvaient déjà dans le champ visuel avant un mouvement oculaire sont traités plus rapidement pendant la nouvelle fixation que des objets qui n'étaient pas encore visibles avant le mouvement oculaire (Henderson, 1992 ; Henderson, Pollatsek, & Rayner, 1989 ; Pollatsek, Rayner, & Henderson, 1990). Par conséquent, l'excentricité de l'information visuelle requise pour une tâche secondaire est corrélée négativement au degré de contrôle du véhicule et au temps de réaction aux changements dans la circulation. En d'autres termes, plus la distance entre le système de navigation et la vision centrale sur la circulation est importante, moins le comportement d'observation de la circulation est important, ce qui ralentit les réactions dans la circulation (Wittmann et al., 2006 ; Summala et al., 1996, 1998 ; Burns, et al., 2000). Cet effet est en outre plus important sur l'axe vertical (placement du système de navigation à un endroit au-dessus ou en dessous de la vision centrale sur la circulation) que sur l'axe horizontal (placement du système de navigation à un endroit à gauche ou à droite de la vision centrale sur la circulation) (Summala et al, 1998 ; Burns, et al, 2000).

Lorsque le système de navigation est fixé au pare-brise, la position de fixation optimale, et donc aussi les objets pertinents pour le contrôle du véhicule et la réaction aux changements dans la circulation, est moins éloignée en périphérie que lorsque le système de navigation est en position fixe. En cas de distraction, ce sera donc plus facile et plus rapide à traiter. De plus, une fixation sur le système de navigation en position fixe en raison de sa plus grande excentricité signifie que le retour du regard au point optimal demande plus d'efforts qu'une fixation sur le système de navigation au pare-brise.

Par rapport à la position fixe, l'excentricité plus faible du système de navigation au pare-brise assure ainsi une plus grande continuité dans le traitement des informations visuelles de conduite. Il a été démontré que cela augmentait le sentiment de contrôle subjectif (Zheng et al., 2016, National Highway Traffic Safety Administration, 2013, Alliance of Automobile Manufacturers, 2006), ce qui, dans une étude de Larsson, Engström, & Wege (2017), tout comme dans les données actuelles, a entraîné un nombre accru de longues fixations sur le système de navigation.

Les différences au niveau de la durée de fixation entre les deux positions confirment également que regarder le système de navigation perturbe moins la conduite lorsqu'il est fixé au pare-brise. Le temps de fixation est corrélé à la quantité d'informations traitées durant la même fixation. En moyenne, les fixations sur le système de navigation placé sur le pare-brise prennent un peu plus de temps que les fixations sur le système de navigation en position fixe. Comme l'information sur le système de navigation lui-même ne dépend pas de sa position, la différence au niveau de la durée de fixation peut uniquement s'expliquer par la quantité totale d'informations traitées lors d'une fixation. Cela pourrait signifier qu'en cas de fixations sur le

système de navigation placé sur le pare-brise, l'attention est répartie sur une plus grande partie du champ visuel et qu'une partie de l'attention lors d'une fixation sur le système de navigation reste donc concentrée sur la route ou sur d'autres zones pertinentes pour la conduite au sein du champ visuel.

Dans le même ordre d'idées, la réduction du nombre et de la durée des fixations sur le système de navigation en position fixe peut s'expliquer par le fait que le conducteur compense le risque qu'entraîne le détournement du regard de la route. Les conducteurs détournent alors moins souvent et moins longtemps leur regard de la circulation, ce qui correspond aux données.

La nette préférence pour la position au pare-brise dans le questionnaire post test et les scores plus élevés de la charge de travail sur l'échelle de frustration du questionnaire de la NASA en position fixe confirment également l'hypothèse selon laquelle la position du système de navigation dans une zone qui se trouve dans le champ visuel pendant la tâche principale, c'est-à-dire la conduite elle-même, demande moins d'efforts que la position dans une zone située hors du champ visuel. Des recherches antérieures ont également montré que l'efficacité d'utilisation du système de navigation augmente à mesure que le système est situé plus au centre du champ visuel de l'utilisateur (Itoha et al., 2005).

2.2.4.4 Impact de l'enregistrement des données de fixation

Les interprétations des différences dans la fréquence et le temps de fixation entre les deux positions de navigation reposent sur l'hypothèse selon laquelle la précision spatiale des coordonnées de fixation garantit que les fixations afférentes à une zone correspondent en réalité à cet objet.

L'enregistrement de la poursuite oculaire a été réalisé avec un appareil présentant une précision de min. 2,5 degrés visuels (= 2,5 cm à une distance de 57 cm) (<https://docs.pupil-labs.com/#calibration>). Cependant, cette résolution spatiale s'applique à des conditions de mesure optimales, ce qui n'est par définition pas le cas sur le terrain. L'étalonnage de l'appareil était difficile en raison d'une incidence perturbatrice de la lumière et n'a pas été effectué dans les mêmes conditions que les enregistrements eux-mêmes. La perte de données a donc été considérable. De plus, les enregistrements eux-mêmes ont été réalisés dans des conditions dynamiques. En effet, le conducteur se trouvait dans un véhicule en mouvement et bougeait également la tête et le corps librement. Par conséquent, le déplacement de l'appareil devant les yeux du participant ne pouvait pas être complètement exclu.

Étant donné que la précision spatiale de l'enregistrement de la poursuite oculaire dépend fortement des conditions d'étalonnage et d'enregistrement, on ne peut exclure que les fixations (ou une partie de celles-ci) sur les zones d'intérêt codées soient en réalité dirigées sur un point proche, et non sur la zone d'intérêt elle-même. Il est donc possible que certaines fixations situées à proximité du système de navigation aient été erronément codées comme concernant le système de navigation (et vice versa).

Vu que la plupart des fixations se sont concentrées sur le pare-brise pendant la conduite, cette imprécision se traduirait par un plus grand nombre de fixations sur le système de navigation en position pare-brise, et moins en position fixe, où le système de navigation était plus éloigné de la position de fixation la plus utilisée. Les données suivent ce schéma, où l'augmentation du temps et de la fréquence de fixation dans la position pare-brise par rapport à la position fixe s'est faite au détriment des fixations dans la catégorie résiduelle « autre ». En pratique, cela signifiait généralement regarder à travers le pare-brise des choses autres que les catégories relatives à la circulation.

Cette même imprécision classerait à tort des fixations sur le tableau de bord ou à d'autres endroits proches de la position fixe du système de navigation, comme étant des fixations sur le système de navigation. Dans ce cas, on peut s'attendre à une diminution de la fréquence et du temps de fixation dans la zone d'intérêt « dans la voiture ». Cette différence n'a cependant pas été observée. Il convient dès lors de noter qu'il y avait au total beaucoup moins de fixations pour la zone d'intérêt « dans la voiture » que dans la catégorie résiduelle « autre », ce qui pourrait à son tour expliquer l'absence de différence.

L'imprécision dans l'enregistrement des positions de fixation ne peut donc pas être totalement exclue en tant qu'explication (du moins partielle) des différences constatées dans les paramètres de poursuite oculaire entre les deux positions du système de navigation.

3 Conclusions et recommandations

3.1 Conclusions

Le système de navigation est un élément essentiel de la conduite. Si l'itinéraire n'est pas connu ou ne peut être mémorisé, des outils externes sont nécessaires. L'objectif de la présente étude était double. Tout d'abord, on souhaitait contrôler de quelle façon les systèmes de navigation sont utilisés par les utilisateurs belges. On a plus particulièrement examiné quel type de système est le plus couramment utilisé, dans quelle mesure le dispositif est fixé à la voiture et à quel endroit. On a ensuite étudié l'impact des deux positions de montage les plus couramment utilisées sur la facilité d'utilisation et le comportement visuel de l'utilisateur en situation de conduite réelle.

L'enquête en ligne auprès d'un échantillon représentatif de la population belge a montré que les systèmes de navigation numériques sont bien entrés dans les mœurs. La majorité des conducteurs (87 %) les utilisent sous une forme ou une autre. De plus, plus de la moitié des conducteurs (57 %) utilisent les panneaux directionnels pour s'orienter. Les cartes papier et les itinéraires ne sont plus que rarement utilisés.

Parmi les systèmes numériques, les appareils de navigation intégrés et portables sont les plus couramment utilisés. Les applications de navigation sur smartphone ou tablette sont plus récentes et surtout utilisées par les jeunes conducteurs. Bien que les systèmes portables et les applications de navigation soient utilisés d'une façon comparable, il y a une différence étonnante dans la position des deux systèmes.

La grande majorité des utilisateurs d'un système de navigation portable utilisent un support. Le pare-brise est la position de montage la plus populaire. Par contre, seul environ un tiers des utilisateurs d'une application de navigation utilise un support. Cela peut s'expliquer par le fait que les systèmes de navigation portables sont équipés de série d'un support, alors que les utilisateurs de smartphone doivent acheter eux-mêmes un tel support. Lorsqu'un support est utilisé, le smartphone est placé dans la moitié des cas dans une position similaire à celle de la plupart des systèmes intégrés (grille de ventilation, tableau de bord), et dans un quart des cas sur le pare-brise. Lorsque l'appareil est utilisé sans support, il est généralement déposé dans la voiture. Le siège passager et l'espace devant le levier de vitesses sont les endroits les plus populaires dans un tel cas. Il s'agit de positions très excentrées par rapport à la position de vision optimale pour le contrôle du véhicule et la gestion de la circulation. C'est inquiétant, car il a déjà été démontré par le passé que l'utilisation d'un écran dans une telle position augmente considérablement le temps de réaction et réduit le contrôle du véhicule (Burns, et al., 2000).

Dans l'étude de poursuite oculaire, on a comparé les deux positions de fixation les plus courantes : au centre à la partie inférieure du pare-brise, ce qui correspond à la position de montage la plus populaire d'un système portable, et au sommet de la console centrale, ce qui correspond à la position de la plupart des appareils intégrés et à la grille de ventilation qui est souvent utilisée pour les applis de navigation. L'objectif de la présente étude était double. On a d'une part vérifié si la fixation de l'appareil au pare-brise, toujours dans le champ visuel lorsque l'on regarde à travers celui-ci, provoquait des distractions et perturbait dès lors la conduite en elle-même. On a d'autre part contrôlé si l'acquisition et le traitement des informations visuelles nécessaires au contrôle du véhicule et à la réaction à la circulation étaient davantage compromis lorsque le système de navigation était plus éloigné de la position idéale.

Les conducteurs regardaient le système de navigation proportionnellement plus longtemps et plus souvent lorsqu'il était fixé au pare-brise que lorsqu'il était en position fixe. De plus, les fixations individuelles sur le système de navigation duraient aussi plus longtemps lorsqu'il était fixé au pare-brise plutôt qu'en position fixe. La plupart des participants préféraient la position sur le pare-brise à la position fixe et ont qualifié cette position de moins frustrante.

Les résultats de l'étude sur la poursuite oculaire et les expériences des participants eux-mêmes contredisent l'idée selon laquelle le système de navigation fixé au pare-brise distrairait ou perturberait la conduite en elle-même. Il n'y avait pas de différences significatives du comportement oculaire entre la position fixe et la position sur le pare-brise en ce qui concerne les zones d'intérêt sélectionnées pertinentes pour la circulation (en dehors du système de navigation). La plus grande distance entre le système de navigation et la vue centrale sur la circulation en position fixe ne semble donc pas avoir eu un impact plus important sur le comportement visuel sur ces zones. Toutefois, le comportement visuel face au système de navigation était sensiblement différent, la distance plus importante par rapport au système de navigation en position fixe

semblant être compensée par des fixations à l'écran moins fréquentes et plus courtes. Par contre, la position sur le pare-brise semble interférer dans une moindre mesure avec le regard habituel vers l'avant sur la circulation en ce qui concerne l'acquisition des informations visuelles nécessaires au contrôle du véhicule et à la réaction face à la circulation. Elle assure une meilleure continuité du traitement des informations avec moins de mouvements des yeux vers une position située en dehors du champ visuel optimal pour la conduite. Les différences constatées sont cependant limitées : il n'y avait aucune différence entre les deux positions pour les zones d'intérêt sélectionnées (en dehors du système de navigation lui-même). Ces résultats ne permettent donc pas tirer de conclusions définitives quant à la sécurité relative des deux positions.

L'étude actuelle comporte certaines limites qui ne facilitent pas l'interprétation des données.

Tout d'abord, pour la position fixe, on a choisi une hauteur aussi représentative que possible des systèmes intégrés. La distance entre le pare-brise et le système de navigation intégré ou la grille de ventilation où le smartphone est souvent fixé est toutefois très variable. Il n'est dès lors pas non plus possible de déterminer l'excentricité maximale sur la base de ces données, sans affecter la facilité d'utilisation. Il est donc impossible de généraliser les différences constatées ici entre les positions fixe et pare-brise aux systèmes intégrés en général.

Deuxièmement, l'exactitude des enregistrements de la poursuite oculaire ne peut être garantie en raison de la nature de l'étude. La perte de données et la moins grande précision de l'enregistrement sont intrinsèques aux conditions moins contrôlées du travail sur le terrain et sont donc difficilement évitables. Par conséquent, des fixations sur le pare-brise peuvent avoir été fautivement attribuées au système de navigation lorsqu'il était placé sur le pare-brise. Les différences au niveau des caractéristiques de poursuite oculaire entre les deux positions de fixation sont donc possiblement inférieures à celles observées ici. Cela signifierait que, contrairement à ce que les données suggèrent, la position fixe est moins préjudiciable que la position pare-brise.

Troisièmement, de nombreux participants connaissaient bien l'environnement dans lequel les parcours se sont déroulés. Toutefois, aucun des participants n'était au courant de l'itinéraire à suivre. Cela a empêché les participants de se fier à leur propre connaissance de la route plutôt qu'aux instructions du système de navigation. On ne peut cependant pas exclure que la connaissance de l'environnement ait eu un effet sur la nécessité d'utiliser les informations visuelles du système de navigation.

Enfin, une grande partie des participants à l'étude sur la poursuite oculaire a été en mesure de deviner correctement le but de l'expérience. On ne peut exclure le fait que des participants qui avaient compris le but de l'expérience se soient comportés différemment de la normale et aient adapté consciemment ou non leur comportement visuel. On peut malgré tout supposer que l'objectif de l'expérience a seulement été deviné lorsque la position du système de navigation a été modifiée. Dans ce cas, la connaissance de l'objectif n'influencerait que les données enregistrées pendant le trajet retour. Comme la répartition de la position du système de navigation entre les trajets aller et retour a été randomisée, cela ne devrait pas affecter la différence des caractéristiques de poursuite oculaire entre les deux positions.

3.2 Pistes pour la poursuite de la recherche

Il serait intéressant d'examiner dans des études ultérieures si certaines autres caractéristiques de l'affichage (taille, luminosité...) ou la façon dont l'information est affichée influencent l'effet de la position du support. Certaines indications (Lin, Wu et Chien, 2010) font par exemple penser que proposer les détails de l'itinéraire dans des sous-fenêtres plus petites a un effet bénéfique sur la navigation et les prestations de conduite. La comparaison avec d'autres positions fréquemment utilisées pour le support comme le révèle l'étude serait également intéressante. Certaines ne relèvent pas des zones définies par les normes des constructeurs automobiles et des fabricants de systèmes de navigation. Mais comme elles sont utilisées en pratique, il serait intéressant de connaître leur impact sur la sécurité. Par ailleurs, des études sur un simulateur de conduite peuvent être utilisées pour déterminer l'effet de l'utilisation d'un appareil de navigation non intégré sans support à différentes positions, qui ont été indiquées par un nombre étonnant d'utilisateurs dans la présente étude. Il s'agit de positions telles que le siège passager, devant le levier de vitesses ou sur les genoux.

Il serait intéressant d'étudier si les différences en termes de durée et de fréquence des fixations entre les deux positions du système de navigation sont influencées par l'âge et/ou l'expérience de conduite. Est-il possible pour les jeunes conducteurs inexpérimentés de compenser plus ou moins correctement le risque relativement plus élevé du déplacement de l'attention vers une position plus éloignée du point optimal de

fixation de la circulation ? Cette compensation pourrait également être influencée par des facteurs externes comme la complexité des instructions de navigation et de la circulation. Il est possible que la différence de sécurité entre les deux positions augmente proportionnellement la charge cognitive du conducteur. Il serait en outre intéressant d'examiner si l'utilisation relative des informations visuelles et des messages audio dépend de la position de l'appareil. Il est possible que les utilisateurs compensent l'augmentation du risque de sécurité d'un affichage plus périphérique par un usage plus intensif des messages audio.

Dans cette étude, seules les coordonnées de la fixation ont été utilisées comme indicateur de distraction et de sécurité. Dans une étude ultérieure, on pourrait lier la répartition de l'attention visuelle aux paramètres de conduite tels que la vitesse, la position latérale sur la route, les variations de vitesse et le comportement au freinage, en utilisant une voiture instrumentée. De cette façon, des conclusions plus solides pourraient être tirées sur l'impact de la position de l'appareil de navigation sur la sécurité et les prestations de conduite.

Afin de déterminer la position de montage la plus efficace pour l'utilisateur, l'expérience actuelle pourrait être réitérée avec le montage de deux systèmes en même temps. Les participants dirigeront alors surtout leur regard vers le système où les informations visuelles peuvent être obtenues le plus efficacement.

L'impact des nouvelles méthodes de navigation devrait de plus également être étudié. Un exemple extrême de la fourniture d'informations de navigation où le conducteur n'a pas à déplacer son attention de la route vers le système de navigation est l'affichage tête haute (Head-up display, HUD). Dans ce cas, les instructions de navigation sont projetées sur le pare-brise et se chevauchent avec les informations visuelles de la route. Les HUD sont déjà utilisés dans les casques de moto et dans certains modèles haut de gamme de certaines marques de voitures. Elles représentent une évolution importante dans la façon dont les instructions de navigation pourraient être proposées à l'avenir. Une différence importante entre l'utilisation d'un système de navigation avec écran séparé et un HUD est le degré de contrôle de l'utilisateur sur le traitement ou non des instructions de navigation à un moment précis dans le temps. Alors qu'avec un système de navigation traditionnel, c'est l'utilisateur qui décide s'il prête attention aux instructions de navigation et à quel moment, avec un HUD, les informations s'affichent à tout moment en même temps que les informations nécessaires au contrôle du véhicule et à la vue de la circulation. Cela présente l'avantage que l'utilisateur ne doit pas se concentrer sur une source d'informations visuelles distincte, mais il se trouve tout de même confronté à des défis cognitifs sous la forme de la sélection et du traitement d'une plus grande quantité d'informations proposées simultanément. Oh, Ko & Ji (2016) ont déjà montré que le type d'informations et la façon dont elles sont proposées peuvent avoir un impact négatif sur les prestations de conduite. Une question importante à approfondir est donc de savoir dans quelle mesure la présence des informations de navigation interfère avec le traitement des informations nécessaires à la conduite elle-même. Il conviendrait d'examiner si les conducteurs sont capables d'ignorer ces informations en cas de changements importants dans la circulation et quelles caractéristiques des informations fournies améliorent ou, au contraire, perturbent l'expérience de conduite.

Et enfin, on pourrait étudier la mesure dans laquelle l'utilisation d'appareils de navigation contribue en pratique aux accidents et quels facteurs ont ici une influence. De ce fait, une attention particulière peut être portée à une éventuelle position inadaptée de l'appareil et/ou au réglage de l'appareil pendant la conduite (distraction manuelle).

3.3 Recommandations

Voici quelques recommandations spécifiques qui peuvent être formulées sur la base de la littérature et/ou des résultats de la présente étude.

Mesures en ce qui concerne la réglementation :

- Contrairement, par exemple, au Luxembourg et au Royaume-Uni, la Belgique n'a pas de législation sur l'utilisation des systèmes de navigation numériques dans les voitures. L'Arrêté royal à ce sujet est limité et vague. Il serait intéressant d'inclure également des normes pour la position des systèmes de navigation dans la législation belge.
- La littérature et les données de la présente étude montrent qu'une excentricité plus élevée (plus grande distance) des informations de navigation par rapport à la position optimale de visibilité sur la route est gênante pour la conduite. Cependant, il semble qu'un nombre étonnamment important de conducteurs, et en particulier les utilisateurs d'applis sur le smartphone, utilisent l'appareil alors qu'il est dans une position éloignée du pare-brise. L'utilisation d'appareils numériques tels que les systèmes de navigation portables et les smartphones dans la voiture pourrait être limitée aux

appareils qui sont correctement placés à une position conforme aux normes des systèmes de navigation intégrés ou portables. L'utilisation d'un appareil numérique dans une position différente pourrait alors être interdite, de même que l'utilisation d'un téléphone mobile ou d'un smartphone sans kit mains libres durant la conduite. L'industrie automobile y répond aujourd'hui en proposant des systèmes modernes qui peuvent être connectés au smartphone et où les informations de l'application de navigation s'affichent sur l'écran intégré de la voiture (par ex. App Connect). Dans de tels cas, un support n'est pas nécessaire.

Mesures en ce qui concerne l'infrastructure :

- La présente étude a montré que plus de la moitié des automobilistes utilisent les panneaux directionnels pour s'orienter. La signalisation peut réduire la dépendance à l'égard des systèmes de navigation et éviter la confusion dans des situations où l'infrastructure a été modifiée ou où les systèmes de navigation ne sont pas à jour. Ils peuvent également réduire le degré de distraction par les systèmes de navigation eux-mêmes. Il est donc important que les informations des panneaux directionnels soient toujours fiables et correctes et que les panneaux soient bien visibles. Ils doivent de plus être bien visibles aux endroits où des décisions sont prises en ce qui concerne la direction à emprunter.
- En plus de l'accent mis sur l'adaptation rapide de la signalisation, l'évolution des conditions de circulation ou de l'infrastructure routière exige que cela soit communiqué dès que possible aux fournisseurs d'informations de navigation pour les systèmes de navigation, afin que les utilisateurs reçoivent des informations correctes et qu'il n'y ait aucune confusion lors de l'utilisation d'appareils numériques.

Mesures en ce qui concerne la sensibilisation :

- Les résultats ne fournissent aucune recommandation en matière de sécurité quant à une préférence pour l'une ou l'autre des positions testées. Les positions sont également toutes les deux conformes à la plupart des recommandations de positionnement disponibles, comme mentionné dans l'introduction. Un résultat frappant est toutefois qu'un pourcentage élevé des participants ont indiqué qu'ils n'utilisaient pas de support pour smartphone et, dans une moindre mesure, pour le système de navigation portable. La sensibilisation peut attirer l'attention des conducteurs sur les risques associés à l'utilisation d'un appareil non fixé. En plus d'une position sous-optimale, cela présente notamment un risque supplémentaire de distraction si l'appareil glisse ou tombe.
- Les informations routières obsolètes pouvant prêter à confusion et donc induire des situations dangereuses, il est conseillé aux utilisateurs de systèmes de navigation numériques de mettre à jour régulièrement les cartes du système. C'est particulièrement valable pour les systèmes intégrés et portables, mais également pour les cartes stockées des applications des smartphones qui peuvent aussi être obsolètes. Idéalement, une telle mise à jour devrait se faire automatiquement.
- Les usagers de la route doivent savoir que leur carte de navigation numérique peut ne plus être actuelle. Les panneaux directionnels demeurent une source importante d'information pour appuyer et vérifier les informations numériques.
- Il s'avère en outre qu'un grand nombre de conducteurs positionnent le système de navigation, avec ou sans support, de manière sous-optimale. Il est recommandé que les utilisateurs soient informés de la meilleure position du système de navigation. Le dispositif doit être placé suffisamment près de la partie centrale du regard pour la circulation, sans prendre la place ou obstruer les parties pertinentes du champ visuel.

Références

- Abrams, R.A., & Christ, S.E. (2003). Motion onset captures attention, *Psychological Science* 14(5), 427-432.
- Aichinger, C. Aigner-Brueuss, E., Aleksa, M., Kaiser, S. et al. (2014). Evaluation of Navigation Systems from a Road Safety Perspective. Proceedings of European Conference on Human Centered Design for Intelligent Transport Systems, Vienna, June 4-5, 2014.
- Alliance of Automobile Manufacturers (2006). Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver-Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems. Driver Focus-Telematics Working Group June 26, 2006 Version. Washington, DC.
- Ball, K., & Rebok, G. (1994). Evaluating the driving ability of older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 13, 20–38.
- Burnett, G.E. (2000). Turn right at the traffic lights – The requirement for landmarks in vehicle navigation systems. *The Journal of Navigation*, 53, 499–510.
- Burns, P.C., Andersson, H., & Ekfjorden, A. (2000). Placing visual displays in vehicles: where should they go? In: International Conference on Traffic and Transport Psychology, Berne, Switzerland.
- Castelhano, M.S., & Henderson, J.M. (2008). The influence of color on the perception of scene gist. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(3), 660-675.
- Chan, H., & Courtney, A. (1993). Effects of Cognitive Foveal Load on a Peripheral Single-Target Detection Task. *Perceptual and Motor Skills*, 77(2), pp.515-533.
- Christoph, M.W.T. (2010). Schatting van verkeersveiligheidseffecten van intelligente voertuigsystemen; Een literatuurstudie. R-2010-8. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Department for Transport (2010). Information sheet: View to the Front and Windscreen Obscuration. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/669653/view-to-front-and-windscreen-obscuration.pdf [20/12/2018].
- Dingus, T.A., Atin, J.F., Hulse, M.C., & Wierwille, W.W. (1989). Attentional demand requirements of an automobile moving-map navigation system. *Transportation Review*, 23, 301–315.
- Engmann, S., Hart, B., Sieren, T., Onat, S., König, P., & Einhäuser, W. (2009). Saliency on a natural scene background: Effects of color and luminance contrast add linearly. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71 (6), 1337–1352.
- Fernández, A., Usamentiaga, R., Carús, J.L., & Casado, R. (2016). Driver Distraction Using Visual-Based Sensors and Algorithms. *Sensors*, 16, 1805.
- Fuller, H., & Tsimhoni, O. (2009). Glance Strategies for Using an In-Vehicle Touch-Screen Monitor. The University of Michigan, Transportation Research Institute. Report No. UMTRI-2009-5.
- GOCA (n.d.). Praktijkexamen B. Beschikbaar op: <http://goca.be/nl/p/praktijkexamen-B> [21/01/2019]
- Hart, S.G., & Staveland, L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Advances in Psychology*, 52, 139-183.
- Haupt, J., Van Nes, N., & Risser, R. (2015). Look where you have to go! A field study comparing looking behaviour at urban intersections using a navigation system or a printed route instruction. *Transportation Research, Part F* 34, 122–140.
- Harbluk, J.L., Noy, Y.I., & Eizenman, M. (2002). The impact of cognitive distraction on driver visual behaviour and vehicle control. Transport Canada Technical Report. Available at: <http://www.tc.gc.ca/roadsafety/tp/tp13889/en/menu.htm>.
- Henderson, J.M. (1992). Identifying objects across saccades: Effects of extrafoveal preview and flanker object context. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 521– 530.

- Henderson, J.M., Pollatsek, A., & Rayner, K. (1989). Covert visual attention and extrafoveal information use during object identification. *Perception & Psychophysics*, 45, 196–208.
- Itoh, N., Yamashita, A., & Kawakami, M. (2005). Effects of car-navigation display positioning on older drivers' visual search. *International Congress Series*, 1280, 184–189.
- Itti, L. (2006). Quantitative modelling of perceptual salience at human eye position. *Visual Cognition*, 14, 959–984.
- Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention, *Vision Research* 40, 1489–1506.
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20 (11), 1254–1259.
- Japan Automobile Manufacturers Association Inc. (2004). Guidelines for In-Vehicle Display Systems, Version 3.0. Available at: http://www.jama-english.jp/release/release/2005/jama_guidelines_v30_en.pdf [20/11/2018].
- Jost, T., Ouerhani, N., von Wartburg, R., Muri, R., & Hugli, H. (2005). Assessing the contribution of color in visual attention. *Computer Vision & Image Understanding*, 100 (1–2), 107–123.
- Katteler, H., Sombekke, E. & Van Mieghem, R. (2009). *Bewegwijzering en navigatiesystemen*. Arane / ITS, Nijmegen.
- Knapper, A., Van Nes, N., Christoph, M., Hagenzieker, M., & Brookhuis, K. (2016). The use of navigation systems in naturalistic driving, *Traffic Injury Prevention*, 17 (3), 264–270.
- Koninklijk Besluit van 15 maart 1968 houdende algemeen reglement op de technische eisen waaraan de auto's, hun aanhangwagens en hun veiligheidstoebehoren moeten voldoen. Beschikbaar op: <https://wegcode.be/wetteksten/secties/kb/tech/336-art57> [20/12/2018].
- Kun, A.L., Paek, T., Medinica, Z., Oppelaar, J., & Palinko, O. (2009). The effect of in-car navigation aids on driving performance and visual attention. Technical report EVE.
- Kuznetsova A., Brockhoff P.B., & Christensen, R.H.B. (2017). "lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models." *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1–26.
- Larsson, P., Engström, J., & Wege, C. (2017). Virtual eye height and display height influence visual distraction measures in simulated driving conditions. *Advanced Technology & Research, Volvo Group Trucks Technology*, Göteborg, Sweden. http://www.ifsttar.fr/collections/ActesInteractifs/AII2/pdfs/DDI2017_Paper_9A-3.pdf [5/12/2018].
- Lee, J.D., Caven, B., Haake, S., & Brown, T.L. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. *Human Factors*, 43, 631.
- Lee, W.-C., & Cheng, B.-W. (2008). Effects of using a portable navigation system and paper map in real driving. *Accident Analysis & Prevention*, 40, 303–308.
- Lee, J., Forlizzi, J., & Hudson, S.E. (2008). Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, 198–215.
- Lin, C.-T., Wu, H.-C., & Chien, T.-Y. (2010). Effects of e-map format and sub-windows on driving performance and glance behavior when using an in-vehicle navigation system. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 330–336.
- Marciano, H., & Yeshurun, Y. (2015). Perceptual Load in Different Regions of the Visual Scene and Its Relevance for Driving. *Human Factors*, 57, 701–716.
- McCall, J.C., Achler, O.O., & Trivedi, M.M. (2004). Design of an instrumented vehicle test bed for developing a human centered driver support system. USA: IEEE Country of Publication (pp. 483–488). USA: IEEE Country of Publication.
- Mio (2018). Mio Reference Guide. Available at: http://download.mio.com/Support/Downloads/Manuals/Mio_Pilot_15/Mio%20Pilot%20Series_User%20Manual_P1.8E_NL.pdf [05/03/2019].

- National Highway Traffic Safety Administration (2013). Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices, Version 1.01 Docket No. NHTSA-2010-0053, 2013. Available at: <http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Distractio%20NPF%2002162012.pdf> [3/12/2018]
- Oei, H.L. (2002). Mogelijke veiligheidseffecten van navigatiesystemen. Een literatuurstudie, enkele eenvoudige effectberekeningen en resultaten van een enquête. R-2002-30. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.
- Oh, H.J., Ko, S.M., & Ji, Y.G. (2016). Effects of Superimposition of a Head-Up Display on Driving Performance and Glance Behavior in the Elderly. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 32, 143-154.
- Parkes, A.M., & Coleman, N. (1990). Route guidance systems: A comparison of methods of presenting directional information to the driver. In E. J. Lovesey (Ed.), *Contemporary ergonomics 1990* (pp. 480-485). London: Taylor & Francis.
- Pollatsek, A., Rayner, K., & Henderson, J.H. (1990). Role of spatial location in integration of pictorial information across saccades. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 199-210.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Rayner, K. (2009). The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457-1506.
- Rayner, K., Smith, T.J., Malcolm, G., & Henderson, J.M. (2009). Eye movements and encoding during scene perception. *Psychological Science* 20, 6-10.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Recarte, M.A., & Nunes, L.M. (2000). Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(1), 31-43.
- Recarte, M., & Nunes, L. (2003). Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 119-137.
- Ministère du Développement Durable et des Infrastructures - Luxembourg (2016) Recueil de législation routière. Disponible : <http://data.legilux.public.lu/file/eli-etat-leg-code-route-20161028-fr-pdf.pdf> [20/12/2018].
- Reinagel, P., & Zador, A. (1999). Natural scene statistics at the center of gaze, *Network: Computation in Neural Systems* 10, 341-350.
- Rockwell, T.H. (1972). Eye movement analysis of visual information acquisition in driving: An overview. *Proceedings of the 6th biennial conference of the Australian road research board*, 6, 316-331.
- Russell, L. (2018). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.2.4. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Salvucci, D.D., & Goldberg, J.H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*, 71-78.
- Srinivasan, R. (1999). Overview of some human factors design issues for in-vehicle navigation and route guidance systems. *Transportation Research Record*, 1694(99-0884), 20-29.
- Srinivasan, R., & Jovanis, P. (1997). Effect of selected in-vehicle route guidance systems on driver reaction times. *Human Factors: The Journal of Human Society*, 39, 200-215.
- Strasburger, H., & Rentschler, I. (1996). Contrast-dependent dissociation of visual recognition and detection fields. *European Journal of Neuroscience*, 8, 1787-1791.
- Summala, H., Nieminen, T., & Punto, M. (1996). Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38, 442-451.

- Summala, H., Lamble, D., & Laakso, M. (1998). Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car tasks. *Accident Analysis & Prevention*, 30, 401–407.
- SWOV Institute for Road Safety Research (2010). SWOV Fact Sheet - Safety effects of navigation systems, Leidschendam, the Netherlands. Available at: <https://www.swov.nl/publicatie/safety-effects-navigation-systems> [5/12/2018].
- SWOV Institute for Road Safety Research (2013). Interpolis Barometer 2017 - Vragenlijststudie mobiel telefoongebruik in het verkeer. Leidschendam, Nederland: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.
- TomTom (2013). TomTom Reference Guide. Available at: <http://download.tomtom.com/open/manuals/LIVE/refman/TomTom-US-LIVE-RG-en-us.pdf> [20/12/2018].
- Uchiyama, Y., Kojima, S., Hongo, T., Terashima, R., & Wakita, T. (2002). Voice Information System Adapted to Driver's Mental Workload. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46, 1871–1875.
- Vonk, T., Van Rooijen, T., Hogema, J., & Feenstra, P. (2007). Do navigation systems improve traffic safety? TNO, Delft, The Netherlands, TNO-report 2006-D-R-0549.
- Wann, J.P., & Swapp, D.K. (2001). Where do we look when we steer and does it matter? *Journal of Vision*, 1(3), 185a.
- Wierwille, W.W. (1993a). Visual and manual demands of in-car controls and displays. In B. Peacock & W. Karwowski (Eds.), *Automotive ergonomics* (pp. 299–320). London: Taylor and Francis. T.W. Victor et al. / *Transportation Research Part F* 8 (2005), 167–190.
- Wierwille, W.W. (1993b). An initial model of visual sampling of in-car displays and controls. In: A. G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave, H. W. Kruysse, & S. P. Taylor (Eds.), *Vision in vehicles 4*, 271–282. Amsterdam: North-Holland.
- Williams, L. (1982). Cognitive load and the functional field of view. *Human Factors*, 24, 683–692.
- Wittmann, M., Kiss, M., Gugg, P., Steffen, A., Fink, M., Pöppel, E., & Kamiya, H. (2006). Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied Ergonomics*, 37, 187–199.
- Yoshitsugu, N., Ito, T., & Asoh, T. (2000) JAMA's Safety Guideline on In-vehicle Display Systems. The study of monitor location of in-vehicle Displays. Japan Automobile Manufacturers Association, 2000.
- Zheng, R., Nakano, K., Ishiko, H., Hagita, K., Kihira, M., & Yokozeki, T. (2016). Eye-Gaze Tracking Analysis of Driver Behavior While Interacting With Navigation Systems in an Urban Area. *IEEE transactions on human-machine systems*, 46, 1–11.

Annexes

Annexe 1 : Aperçu des cellules de stratification

âge	sexe	région	langue	nombre dans l'échantillon	participants après pondération
18-34	homme	Bruxelles	Français	3	4
18-34	homme	Bruxelles	Néerlandais	4	5
18-34	homme	Flandre	Français	0	0
18-34	homme	Flandre	Néerlandais	37	103
18-34	homme	Wallonie	Français	22	41
18-34	homme	Wallonie	Néerlandais	0	0
18-34	femme	Bruxelles	Français	2	5
18-34	femme	Bruxelles	Néerlandais	1	2
18-34	femme	Flandre	Français	0	0
18-34	femme	Flandre	Néerlandais	50	73
18-34	femme	Wallonie	Français	23	22
18-34	femme	Wallonie	Néerlandais	0	0
35-49	homme	Bruxelles	Français	4	8
35-49	homme	Bruxelles	Néerlandais	0	0
35-49	homme	Flandre	Français	0	0
35-49	homme	Flandre	Néerlandais	51	97
35-49	homme	Wallonie	Français	41	49
35-49	homme	Wallonie	Néerlandais	0	0
35-49	femme	Bruxelles	Français	4	6
35-49	femme	Bruxelles	Néerlandais	4	6
35-49	femme	Flandre	Français	0	0
35-49	femme	Flandre	Néerlandais	81	86
35-49	femme	Wallonie	Français	27	37
35-49	femme	Wallonie	Néerlandais	0	0
50-64	homme	Bruxelles	Français	9	9
50-64	homme	Bruxelles	Néerlandais	3	3
50-64	homme	Flandre	Français	0	0
50-64	homme	Flandre	Néerlandais	113	102
50-64	homme	Wallonie	Français	70	47
50-64	homme	Wallonie	Néerlandais	0	0
50-64	femme	Bruxelles	Français	2	1
50-64	femme	Bruxelles	Néerlandais	1	0
50-64	femme	Flandre	Français	0	0
50-64	femme	Flandre	Néerlandais	79	58
50-64	femme	Wallonie	Français	27	33
50-64	femme	Wallonie	Néerlandais	0	0
65+	homme	Bruxelles	Français	9	5
65+	homme	Bruxelles	Néerlandais	1	1
65+	homme	Flandre	Français	2	1
65+	homme	Flandre	Néerlandais	134	67
65+	homme	Wallonie	Français	72	35
65+	homme	Wallonie	Néerlandais	0	0
65+	femme	Bruxelles	Français	7	4
65+	femme	Bruxelles	Néerlandais	0	0
65+	femme	Flandre	Français	0	0
65+	femme	Flandre	Néerlandais	67	55
65+	femme	Wallonie	Français	52	38
65+	femme	Wallonie	Néerlandais	0	0

Annexe 2 : Questionnaire complet tel qu'il a été utilisé dans l'étude en ligne

Q1

Êtes-vous titulaire d'un permis de conduire (permis B) ?

- Oui → **Q2**
- Oui, un permis de conduire provisoire → **fin**
- Non → **fin**

Q2

En quelle année avez-vous obtenu votre permis B ?

Q3

Combien de km/an parcourez-vous au volant d'une voiture ?

- Moins de 1 500 km/an → fin
- Entre 1 500 km/an et 10 000 km/an
- Entre 10 000 km/an et 20 000 km/an
- Entre 20 000 km/an et 30 000 km/an
- Plus de 30 000 km/an

Q4

Utilisez-vous un système de navigation dans le véhicule ? (Par système de navigation, nous entendons à la fois les systèmes portables (comme un TOMTOM), les systèmes fixes ou intégrés ou encore l'utilisation d'applis de navigation sur smartphone ou tablette)

- Oui → **Q5**
- Non --> **pourquoi pas + fin**

Q5

Lequel des systèmes de navigation suivants possédez-vous ?

- Système de navigation fixe/intégré au véhicule → **Q6**
- Système de navigation portable (comme un TOMTOM) → **Q7**
- Une appli de navigation sur smartphone ou tablette → **Q7**

Q6

Avez-vous dû payer un supplément pour disposer de ce système dans votre voiture ?

- Oui, j'ai payé un supplément pour avoir le système dans ma voiture
- Non, il n'y avait pas de supplément pour avoir le système dans ma voiture
- Je ne sais pas

Q7

Dans quelle mesure utilisez-vous les systèmes de navigation suivants si vous devez vous rendre en voiture à une destination inconnue ? (échelle : jamais - parfois - souvent - (presque) toujours, sous-question 4-6 filtrée sur les systèmes cochés à la Q5)

- Panneaux directionnels
- Une carte papier ou un itinéraire imprimé
- Je cherche mon itinéraire avant d'embarquer et je le mémorise
- Système de navigation fixe/intégré au véhicule
- Système portable
- Applis de navigation sur tablette ou smartphone
- Autre : précisez → **champ libre**

Q8

Quelles informations de votre système de navigation utilisez-vous ?
(échelle : jamais - parfois - souvent - (presque) toujours)

- J'utilise à la fois les informations visuelles (p. ex. représentation cartographique) et les messages audio
- J'utilise uniquement les informations visuelles
- J'utilise uniquement les messages audio

Q9

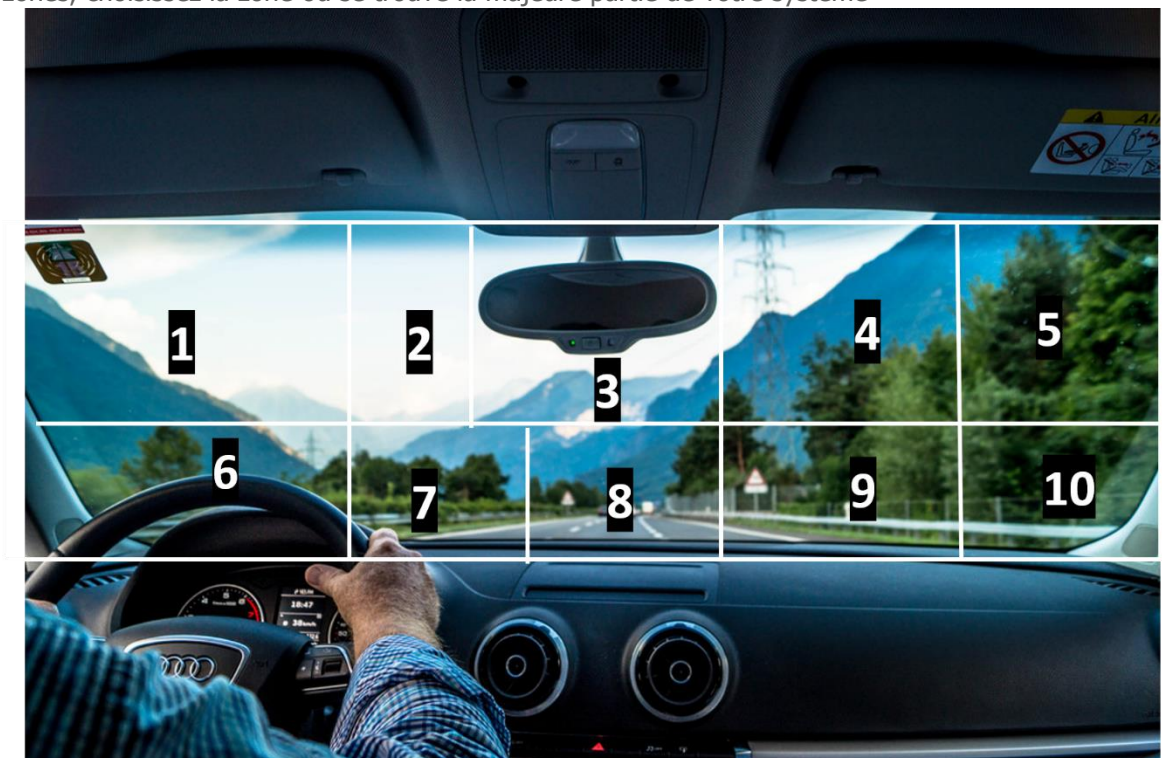
Lorsque vous utilisez un système de navigation portable, utilisez-vous un support ?
(Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la Q7 - sous-question 5)

- Presque (toujours) → **Q10**
- Souvent → **Q10, puis vers Q11**
- Parfois → **Q10, puis vers Q11**
- Jamais → **Q11**

10

Où fixez-vous habituellement le système ?

- Au pare-brise : Veuillez indiquer avec le numéro correspondant l'endroit où vous fixez habituellement votre système. Si votre choix se situe à la limite de deux (ou plusieurs) zones, choisissez la zone où se trouve la majeure partie de votre système



- Sur le tableau de bord
- À un autre endroit : spécifiez → **champ libre**

Q11

Si vous n'utilisez pas de support, où placez/déposez-vous habituellement le système ?

- Sur vos genoux
- Sur le siège passager
- Entre le volant et le compteur de vitesse
- Entre le levier de vitesses et l'avant de la voiture
- Je place/dépose le système à un autre endroit : spécifiez champ libre

Q12

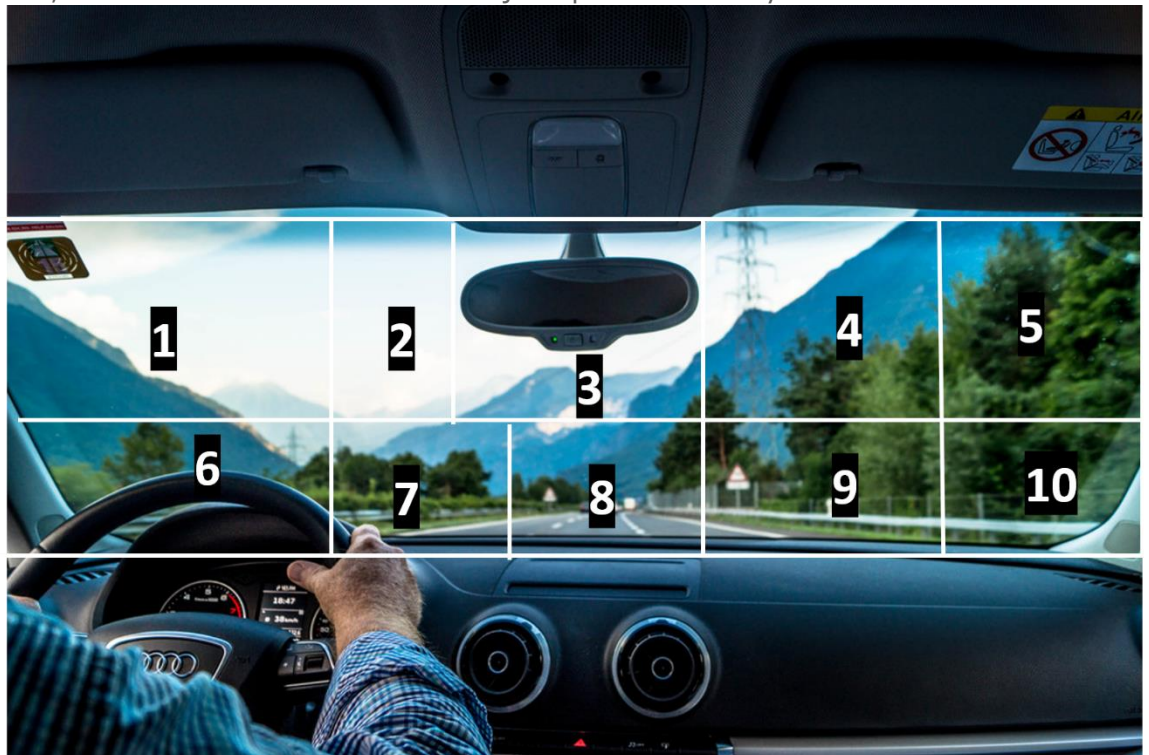
Si vous utilisez une appli de navigation, utilisez-vous un support pour smartphone ou tablette pour fixer votre appareil ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la Q7 - sous-question 6)

- (Presque) Toujours → **Q13**
- Souvent → **Q13, puis vers Q14**
- Parfois → **Q13, puis vers Q14**
- Jamais → **Q14**

Q13

Où fixez-vous habituellement votre support pour smartphone ou tablette ?

- À la grille de ventilation
- Au volant
- Au pare-brise : Veuillez indiquer avec le numéro correspondant l'endroit où vous fixez habituellement votre système. Si votre choix se situe à la limite de deux (ou plusieurs) zones, choisissez la zone où se trouve la majeure partie de votre système



- Sur le tableau de bord
- Autre : précisez → **champ libre**

Q14

Si vous n'utilisez pas de support, où placez/déposez-vous habituellement votre smartphone/tablette ?

- Sur vos genoux
- Sur le siège passager
- Entre le volant et le compteur de vitesse
- Entre le levier de vitesses et l'avant de la voiture
- Je place/dépose le système à un autre endroit : spécifiez champ libre

Q15

Si vous utilisez des applis de navigation : lesquelles préférez-vous parmi celles ci-dessous ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la Q7 - sous-question 6)

- Google Maps
- L'appli de cartes standard qui se trouvait déjà sur le smartphone/tablette
- Appli TOMTOM
- Autre : spécifiez → **champ libre**

Q16

Si vous utilisez une appli de navigation, dans quel sens placez-vous votre smartphone/tablette ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la Q7 - sous-question 6)

- Horizontalement
- Verticalement

Q17

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes ? (échelle : pas d'accord, plutôt pas d'accord, neutre, plutôt d'accord, d'accord)

- Le système de navigation me donne un plus grand sentiment de sécurité en voiture
- Je comprends toujours exactement ce que veut dire mon système/appli de navigation et ce que je dois faire
- Je trouve qu'un système/une appli de navigation dans la voiture, c'est dangereux

Q18

Comment qualifieriez-vous le degré de fiabilité des informations que vous recevez de votre système de navigation ? (échelle : pas du tout fiable - plutôt pas fiable - neutre - plutôt fiable - très fiable)

Q19

Vous êtes

- un homme
- une femme

Q20

À quelle fréquence conduisez-vous une voiture ?

- (Presque) Chaque jour
- Plusieurs fois par semaine
- 1 fois par semaine
- Moins d'une fois par semaine
- Jamais

Q21

Disposez-vous d'un véhicule de société ?

- Oui, je dispose uniquement d'un véhicule de société
- Non, j'ai un véhicule personnel
- Je dispose à la fois d'un véhicule de société et d'un véhicule personnel
- Je n'ai pas de voiture

Q22

Quelle est la fréquence de vos déplacements professionnels (à l'exclusion des déplacements domicile-lieu de travail habituels) ?

- (Presque) Chaque jour
- Plusieurs fois par semaine
- 1 fois par semaine
- Moins d'une fois par semaine
- Jamais

Q23

Quel âge avez-vous ?

Q24

Quel est le plus haut diplôme ou certificat que vous avez obtenu ?

- Aucun
- Enseignement primaire
- Enseignement secondaire inférieur
- Enseignement secondaire supérieur
- Bachelier (*à savoir enseignement supérieur non universitaire / candi / A1*)
- Master (*à savoir enseignement (post)universitaire / licence / master complémentaire / doctorat*)

Q25

Quel est le code postal de la commune où vous habitez ?

Annexe 3 : NASA Task load index

NASA Task Load Index

Hart and Staveland's NASA Task Load Index (TLX) method assesses work load on five 7-point scales. Increments of high, medium and low estimates for each point result in 21 gradations on the scales.

Name	Task	Date
------	------	------

Mental Demand
How mentally demanding was the task?

Very Low
Very High

Physical Demand
How physically demanding was the task?

Very Low
Very High

Temporal Demand
How hurried or rushed was the pace of the task?

Very Low
Very High

Performance
How successful were you in accomplishing what you were asked to do?

Perfect
Failure

Effort
How hard did you have to work to accomplish your level of performance?

Very Low
Very High

Frustration
How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoyed were you?

Very Low
Very High

Annexe 4 : Questionnaire proposé sur une tablette à la fin de l'étude de poursuite oculaire

1. Quel était, selon vous, le but de cette expérience ?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Lequel des systèmes de navigation suivants possédez-vous ?

- ☐ Système de navigation intégré/fixe dans le véhicule
- ☐ Système de navigation portable (un TOMTOM par exemple)
- ☐ Une appli de navigation sur smartphone ou tablette

3. Avez-vous principalement investi vous-même dans l'achat de ce(s) système(s) de navigation vous-même ou en disposez-vous à des fins professionnelles ?

- ☐ J'ai surtout investi moi-même
- ☐ Je dispose du système à des fins professionnelles

4. Dans quelle mesure utilisez-vous les systèmes de navigation suivants si vous devez vous rendre en voiture à une destination inconnue ?

	Jamais	Parfois	Souvent	(Presque) Toujours
Système de navigation intégré/fixe dans le véhicule	☐	☐	☐	☐
Système portable	☐	☐	☐	☐
Applis de navigation sur tablette ou smartphone	☐	☐	☐	☐

5. Quelles informations de votre système de navigation utilisez-vous ?

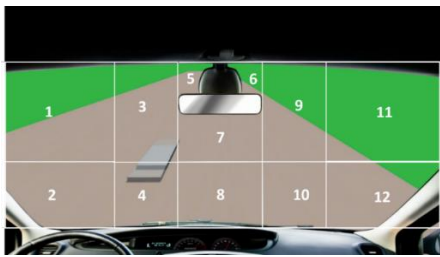
	Jamais	Parfois	Souvent	(Presque) Toujours
J'utilise à la fois les informations visuelles (p. ex. représentation cartographique) et les messages audio	☐	☐	☐	☐
J'utilise uniquement les informations visuelles	☐	☐	☐	☐
J'utilise uniquement les messages audio	☐	☐	☐	☐

6. Lorsque vous utilisez un système de navigation portable, utilisez-vous un support ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la question 4, sous-question 2)

- Jamais
- Parfois
- Souvent
- (Presque) Toujours

7. Si vous utilisez un support pour votre système de navigation portable, où le fixez-vous ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la question 6)

- ☐ Au pare-brise : Veuillez entourer le numéro correspondant à l'endroit où vous fixez habituellement votre système



- Sur le tableau de bord
- À un autre endroit, à savoir :.....

8. Si vous n'utilisez pas de support, où placez/déposez-vous habituellement le système ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la question 4, sous-question 2)

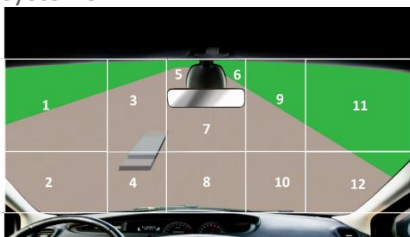
- Sur vos genoux
- Sur le siège passager
- Entre le volant et le compteur de vitesse
- Entre le levier de vitesses et l'avant de la voiture
- Je place/dépose le système à un autre endroit, à savoir :.....
- J'utilise toujours un support

9. Si vous utilisez une appli de navigation, utilisez-vous un support pour smartphone ou tablette pour fixer votre appareil ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la question 4, sous-question 3)

- Jamais
- Parfois
- Souvent
- (Presque) Toujours

10. Si vous utilisez un support pour votre smartphone ou tablette, où le fixez-vous ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la question 9)

- Au pare-brise : Veuillez entourer le numéro correspondant à l'endroit où vous fixez habituellement votre système



- À la grille de ventilation
- Au volant
- Sur le tableau de bord
- À un autre endroit, à savoir :.....

11. Si vous n'utilisez pas de support, où placez/déposez-vous habituellement votre smartphone/tablette ? ? (Uniquement pour les réponses « parfois » - « souvent » - « (presque) toujours » à la question 4, sous-question 3)

- Sur vos genoux
- Sur le siège passager
- Entre le volant et le compteur de vitesse
- Entre le levier de vitesses et l'avant de la voiture
- Je place/dépose le système à un autre endroit, à savoir :.....
- J'utilise toujours un support

12. Si vous utilisez des applis de navigation : lesquelles préférez-vous parmi celles ci-dessous ?

- Google Maps
- L'appli de cartes standard qui se trouvait déjà sur le smartphone/tablette
- Appli TOMTOM
- Waze
- Autre, à savoir :

13. Si vous utilisez une appli de navigation, dans quel sens placez-vous votre smartphone/tablette ?

- Horizontalement
- Verticalement

14. Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes ?

	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	D'accord
Le système de navigation me donne un plus grand sentiment de sécurité en voiture	☐	☐	☐	☐	☐
Je comprends toujours exactement ce que veut dire mon système/appli de navigation et ce que je dois faire	☐	☐	☐	☐	☐
Je trouve qu'un système/une appli de navigation dans la voiture, c'est dangereux	☐	☐	☐	☐	☐

15. Degré de fiabilité...

	Pas du tout fiable	Plutôt pas fiable	Neutre	Plutôt fiable	Très fiable
de l'information que vous voyez sur votre <u>propre</u> système de navigation ?	☐	☐	☐	☐	☐

16. Dans cette expérience, vous avez conduit avec deux configurations différentes pour les systèmes de navigation. Dans la « configuration pare-brise », le système était fixé au pare-brise. Avez-vous déjà roulé avec une telle configuration ? Nous entendons par là le lieu ou l'emplacement du système. Donc, si vous installez un autre système de navigation (par ex. smartphone avec appli de navigation) à cette position, cela compte aussi.

- ☐ Je n'ai jamais utilisé cette configuration auparavant
- ☐ J'utilise parfois cette configuration
- ☐ J'utilise souvent cette configuration
- ☐ J'utilise (presque) toujours cette configuration

17. Dans l'autre configuration (« volant »), le système était placé à côté du volant. Avez-vous déjà roulé avec une telle configuration ? Nous entendons à nouveau par là le lieu ou l'emplacement du système. Donc, si vous installez un autre système de navigation (par ex. un système intégré ou un smartphone avec appli de navigation) à cette position, cela compte aussi.

- ☐ Je n'ai jamais utilisé cette configuration auparavant
- ☐ J'utilise parfois cette configuration

- ☐ J'utilise souvent cette configuration
- ☐ J'utilise (presque) toujours cette configuration

18. Avez-vous déjà parcouru l'itinéraire (ou des parties de celui-ci) auparavant ?

- ☐ Je n'ai jamais parcouru (de parties de) cet itinéraire auparavant
- ☐ J'ai déjà à l'occasion parcouru (des parties de) cet itinéraire auparavant
- ☐ Je parcours souvent (des parties de) cet itinéraire

19. Dans quelle mesure avez-vous trouvé facile de suivre les instructions du système de navigation dans cette étude ?

- ☐ Très facile
- ☐ Facile
- ☐ Neutre
- ☐ Difficile
- ☐ Très difficile

20. Durant l'expérience, j'ai principalement suivi

- ☐ les messages audio du système de navigation
- ☐ les instructions visuelles du système de navigation
- ☐ tant les messages audio que les instructions visuelles du système de navigation

21. Dans quelle mesure avez-vous été

	Pas du tout distrain(e)	Plutôt pas distrain(e)	Neutre	Plutôt distrain(e)	Tout à fait distrain(e)
distrain(e) de la circulation par le système de navigation fixé <u>au pare-brise</u> ?	☐	☐	☐	☐	☐
Dans quelle mesure avez-vous été distrain(e) de la circulation par le système de navigation fixé <u>à côté du volant</u> ?	☐	☐	☐	☐	☐

22. Quelle configuration du système de navigation avez-vous trouvé la plus facile à suivre ?

- ☐ La configuration où le système était fixé au pare-brise
- ☐ La configuration où le système était monté à côté du volant
- ☐ Je n'ai pas remarqué de différence entre les deux dispositions

23. Disposez-vous d'un véhicule de société ?

- Oui, je dispose uniquement d'un véhicule de société
- Non, j'ai un véhicule personnel
- Je dispose à la fois d'un véhicule de société et d'un véhicule personnel
- Je n'ai pas de voiture

24. À quel rythme êtes-vous sur la route pour votre travail ? (à l'exclusion des déplacements domicile-lieu de travail habituels)

- (Presque) Chaque jour
- Plusieurs fois par semaine
- 1 fois par semaine
- Moins d'une fois par semaine
- Jamais

25. Quel est le plus haut diplôme ou certificat que vous avez obtenu ?

- Aucun
- Enseignement primaire

- Enseignement secondaire inférieur
- Enseignement secondaire supérieur
- Bachelier (*à savoir enseignement supérieur non universitaire / candidature / A1*)
- Master (*à savoir enseignement (post)universitaire / licence / master complémentaire / doctorat*)

26. Si vous avez des questions/remarques générales sur cette expérience, faites-en-nous part ci-dessous.

.....

.....

.....

.....

.....

**Vous êtes arrivé(e) à la fin de cette expérience.
Merci beaucoup pour votre participation !**

