



Rapport n° 2021 - R - 07 - FR

## **Distraction au volant: l'impact des systèmes d'info-divertissement**

Une revue de la littérature

# **Distraction au volant: l'impact des systèmes d'info-divertissement**

Une revue de la littérature

Rapport d'enquête n° 2021 - R - 07 - FR

Les auteurs : Boets, S. & Teuchies, M.

Editeur responsable : Karin Genoe

Éditeur : Institut Vias - Centre de connaissances pour la sécurité routière

Date de publication : 11/03/2021

Dépôt légal : D/2021/0779/60

Veillez référer au présent document de la manière suivante: Boets, S. & Teuchies, M. (2019) Distraction au volant: l'impact des systèmes d'info-divertissement. Une revue de la littérature Bruxelles, Belgique : Institut Vias - Centre de connaissances pour la sécurité routière.

Ce rapport est également disponible en Néerlandais sous le titre : «Afleiding achter het stuur: de impact van infotainment. Een verkennende literatuurstudie.»

Ce rapport comprend un résumé en anglais.

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

# Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur précieuse contribution à cette étude :

- Peter Silverans (Institut Vias) pour ses suggestions constructives et son soutien général dans la réalisation de l'étude.
- Wouter Van den Berghe (Institut Vias) qui était responsable de la révision de ce rapport.
- Nathalie Moreau pour avoir révisé la traduction française de ce rapport.

La responsabilité exclusive du contenu du rapport incombe aux auteurs.

# Table des matières

Résumé	5
Summary	7
1 Introduction	9
1.1 Qu'est-ce que l'info-divertissement ou le système d'info-divertissement ?	9
1.2 Revue de la littérature sur l'impact des systèmes d'info-divertissement	9
2 Méthode	11
2.1 Sources de la littérature	11
2.2 Critères de sélection	11
3 Tableau des résultats	12
4 Principales conclusions et discussion	20
5 Conclusion et recommandations	23
Références	31
Annexes	34

# Résumé

Les systèmes d'info-divertissement à bord des véhicules (*in-vehicle infotainment*, IVI) font référence aux systèmes embarqués qui fournissent à la fois des divertissements et des informations aux conducteurs et aux passagers. Ces systèmes utilisent généralement des écrans tactiles, des claviers et des interfaces audio/vidéo et permettent aux conducteurs d'effectuer un large éventail de tâches secondaires interactives pendant la conduite (par exemple, écouter la radio ou de la musique, composer des numéros de téléphone, recevoir ou écrire des sms, passer des appels en mains libres, manipuler le système de navigation, utiliser les commandes vocales pour le véhicule, accéder à Internet ou au contenu d'un smartphone). L'utilisation de ces systèmes devrait continuer à se développer dans les années à venir et peut-être même devenir la norme dans les voitures.

Cette revue de la littérature vise à étudier les effets de l'utilisation de l'IVI dans les véhicules sur les risques pour la sécurité routière, principalement sur l'attention du conducteur (distraction).

Les résultats les plus importants de cette revue sont les suivants :

- La plupart des résultats des études expérimentales indiquent que le système d'info-divertissement des véhicules a généralement des effets négatifs modérés à graves sur les conducteurs. Cependant, des études en situation réelle ont également montré que les conducteurs mettent en place des mécanismes de compensation pour utiliser l'IVI (par exemple, ils ne l'utilisent pas en situation complexe ou ils n'utilisent pas les fonctions complexes de l'IVI).
- Les effets sur le conducteur peuvent varier énormément, en fonction des différentes combinaisons possibles de tâches du système d'info-divertissement (complexité, nombre d'itérations...), de la modalité (visuel-manuel, à commande vocale...) et du système (véhicule, marque).
- Les interactions basées sur la parole semblent avoir l'avantage de réduire le temps où le conducteur quitte la route des yeux, mais la charge cognitive associée peut également avoir des effets négatifs sur l'attention visuelle.
- La qualité du système d'info-divertissement est très importante : des systèmes robustes et intuitifs, peu complexes et dont les tâches sont plus courtes, peuvent entraîner moins de distractions pour le conducteur.
- Les conducteurs âgés ressentent généralement plus d'effets négatifs de système d'info-divertissement au volant.

Les recommandations les plus importantes pour l'industrie automobile sont les suivantes

- En général, on peut dire que l'interface de conception d'IVI doit être telle que les distractions visuelles soient minimales et que le temps nécessaire pour effectuer les tâches soit aussi court que possible. La distraction engendrée par l'utilisation des fonctions de l'IVI ne doit pas être plus importante que celle occasionnée par le changement classique de stations de radio.
- L'utilisation de commandes vocales pour interagir avec l'IVI peut réduire la charge de travail objective et subjective et le temps passé à regarder l'écran par rapport à l'utilisation des commandes manuelles, mais seulement si les systèmes sont très robustes, intuitifs et fiables. En effet, les systèmes rigides et sujets aux erreurs peuvent entraîner une charge de travail considérablement accrue.
- L'utilisation de systèmes de verrouillage, qui rend indisponibles une grande partie des fonctionnalités de l'IVI pendant la conduite, peut aider à éviter les distractions. Ainsi, l'utilisation de l'IVI pendant la conduite est limitée aux fonctions telles que l'autoradio et la navigation, et il n'est pas possible de téléphoner, d'envoyer ou de lire des messages. Cependant, un inconvénient peut être que pour certains conducteurs, il est peu attrayant que certaines fonctions ne soient pas disponibles.
- Étant donné la différence d'impact entre les jeunes conducteurs et les conducteurs plus âgés, il est important d'en tenir compte lors de la conception des interfaces IVI. Les systèmes qui sont conviviaux pour les conducteurs âgés le sont aussi pour les jeunes conducteurs, mais l'inverse n'est pas nécessairement vrai. Les conducteurs âgés peuvent bénéficier d'une conception qui maintient leur attention sur la route autant que possible, par exemple grâce à des écrans plus proches du champ de vision sur la route, ou grâce à un système efficace à commande vocale. Les principes pertinents de la conception universelle pour les constructeurs de véhicules sont: utilisation égalitaire; flexibilité d'utilisation; utilisation simple; information perceptible; tolérance pour l'erreur et l'accessibilité (Farage et al., 2012). Ces principes peuvent fournir un cadre pour l'amélioration de la conception des IVI. Par exemple, les conducteurs de tous âges bénéficient de la simplicité. Les conducteurs âgés semblent

avoir des problèmes supplémentaires avec les commandes de la console centrale (espace entre les sièges avant). Il convient donc d'examiner attentivement comment les conducteurs peuvent être mieux soutenus sans offrir d'interfaces artificielles qui nuisent à la sécurité de la conduite, comme des boutons rotatifs, des boutons multifonctions et des tablettes à dessin. Les commandes vocales ne réduiront les problèmes potentiels des autres commandes que si elles sont rapides et précises, mais il faut se rappeler qu'aucune interface ne s'est jusqu'à présent révélée exempte de charge de travail. Toutes les interactions doivent être soigneusement considérées et limitées dans la mesure du possible.

Les principales recommandations à l'intention des décideurs politiques et des utilisateurs de IVI sont les suivantes :

- Il est important que les utilisateurs soient sensibilisés aux risques possibles de l'utilisation de IVI au volant. Les campagnes de sensibilisation peuvent contribuer à créer une norme sociale au sein de la population qui soit contre les distractions causées par le système d'info-divertissement au volant.
- Les employeurs, les entreprises, les organisations, les compagnies d'assurance, etc. peuvent également jouer un rôle dans la construction d'une norme sociale contre les distractions engendrée par l'utilisation de l'IVI au volant, en souscrivant ouvertement et explicitement à cette norme et en communiquant à ce sujet (par exemple en signant une convention comme aux Pays-Bas).

Enfin, ce rapport donne un aperçu de certaines lignes directrices disponibles au niveau international pour l'industrie automobile, les décideurs politiques et les utilisateurs de l'IVI :

- États-Unis : "*Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices*" (NHTSA, 2013) ;
- Pays-Bas :
  - "*Human Factor Guidelines for the Design of Safe in-Car Traffic Information Services*" (Kroon et al., 2016) ;
  - Recommandations sur la mobilité intelligente pour les utilisateurs (Harms et al., 2017).

## Summary

In-vehicle infotainment (IVI) refers to vehicle systems that combine the delivery of entertainment and information for drivers and passengers. These systems typically use touchscreens, keypads, and audio/video interfaces, and allow drivers to perform a broad range of interactive secondary tasks (e.g. listening to the radio, dialling phone numbers, listening to incoming text messages, making hands-free phone calls, manipulating the navigation system, vehicle voice commands, accessing the internet or smartphone content). The use of such systems is expected to continuously increase in the coming years and even to become the norm in cars.

This exploratory literature study aims at investigating the effects of using in-vehicle infotainment on road safety indicators, essentially on driver attention (distraction).

The key results of this study are:

- Most experimental study results indicate that in-vehicle infotainment generally has moderate to strong adverse effects on drivers, but there are also indications that drivers in more naturalistic driving situations use compensation strategies to deal with the infotainment.
- The effects on the driver differ enormously according to different possible combinations of infotainment task (complexity, number of iterations...), task modality and system (provider).
- Speech-based interactions only *seem* to have the advantage of less eyes-off-the road time, but the cognitive workload related to it can also have adverse effects on the looking behaviour.
- The infotainment system's quality is highly determining: robust, intuitive systems with low complexity, and shorter task duration can lead to less driver distraction.
- Older drivers generally experience more adverse effects (distraction) of in-vehicle infotainment.

The most important recommendations for the automotive industry are

- In general it can be said that IVI-design interfaces should be such that visual distractions are minimal and the time needed to perform tasks is as short as possible. The use of IVI functions should not be more distracting than classic radio station tuning.
- The use of voice commands to interact with IVI can reduce the objective and subjective workload and time spent looking at the screen compared to IVI operated manually, but only if the systems are very robust, intuitive and reliable. On the other hand, error-prone, rigid systems can lead to a greatly increased workload.
- The use of lockout systems, where much of the IVI functionality is unavailable while driving, can help to avoid distractions. In this way, the use of the IVI while driving is limited to functions such as the car radio and navigation, and telephoning and message sending and reading are not possible. A possible disadvantage, however, may be that for some drivers it is unattractive that some functions are unavailable.
- Given the difference in impact between younger and older drivers, it is important to take this into account in the development of IVI design interfaces. Systems that are user-friendly for older drivers are also user-friendly for younger drivers, but the reverse is not necessarily the case. Older drivers may benefit, for example, from a design that keeps their attention on or near the road as much as possible, e.g. through displays closer to the field of vision on the road, or through an effective voice-controlled system. Relevant universal design principles for vehicle manufacturers include Equality, Flexibility, Simplicity, Perceptibility, Fault Recovery and Accessibility (Farage et al., 2012). These principles can provide a framework for the improvement of IVI design. For example, drivers of all ages benefit from simplicity. Elderly drivers appear to have additional problems with controls in the centre console (space between the front seats), so one should carefully consider how drivers can be better supported without offering unnatural interfaces that interfere with safe driving such as rotary knobs, multi-function pushbuttons and drawing pads. Speech commands will only reduce potential problems from other controls if they are fast and accurate, but it should be remembered that no interface has so far proved to be free of workload. All interactions should be carefully considered and limited whenever possible.

The main recommendations for policymakers and users of infotainment are:

- It is important that users are made aware of the possible risks of using infotainment while driving. Awareness-raising campaigns can help to create a social norm among the population against distraction caused by infotainment while driving.
- Employers, companies, organizations, insurance companies, etc. can also play a role in implementing a social norm against distraction by new IVI technology in the car by openly and explicitly subscribing this standard and communicating about it (e.g. by signing a commitment like in the Netherlands).

Finally, this report provides an overview of some internationally available guidelines for the automotive industry, policy makers and users of infotainment:

- USA: "Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices" (NHTSA, 2013);
- The Netherlands:
  - o Human Factor Guidelines for the Design of Safe in-Car Traffic Information Services (Kroon et al., 2016);
  - o Smart Mobility recommendations for users (Harms et al., 2017).



# 1 Introduction

## 1.1 Qu'est-ce que l'info-divertissement ou le système d'info-divertissement ?

À mesure que les véhicules modernes deviennent plus complexes, ils contiennent aussi de plus en plus d'équipements intégrés, notamment divers systèmes d'information, que les conducteurs utilisent régulièrement pendant la conduite. Les systèmes d'info-divertissement (Anglais: *in-vehicle infotainment (IVI) system*) embarqués combinent *information* et *divertissement* pour les conducteurs et les passagers et utilisent généralement des interfaces audio et/ou vidéo, des écrans tactiles et des claviers (pavés numériques) pour fournir ces services. Un élément important de l'IVI est la *connectivité aux appareils mobiles*. De nombreux véhicules récents sur le marché offrent la possibilité de connecter l'iPhone/le smartphone et les ordinateurs portables au véhicule, principalement grâce à la technologie Bluetooth.

Bien que chaque système IVI soit différent, il comprend des tâches typiques :

- la gestion et la lecture de contenus audio
- l'utilisation du système de navigation
- l'offre de divertissements pour les passagers à l'arrière (films, jeux, réseaux sociaux, etc.).
- les commandes vocales pour le véhicule
- les connexions téléphoniques mains libres (pour passer et recevoir des appels, écouter les sms entrants et écrire et envoyer des sms)
- Vérifier le contenu disponible sur Internet ou sur le smartphone (par exemple, les conditions de circulation, les résultats sportifs, les prévisions météorologiques).

Les systèmes IVI peuvent également inclure une *sécurité* qui empêche les conducteurs d'utiliser des systèmes vidéo et d'autres interfaces distrayantes pendant la conduite (Ziakopoulos et al., 2019 ; Technopedia, 2019 ; Webopedia, 2019). Enfin, l'IVI peut fournir des informations (par exemple des avertissements) provenant des systèmes de sécurité installés dans un véhicule (par exemple, les diagnostics du véhicule).

Cette revue de la littérature se concentre sur les systèmes IVI qui sont intégrés dans le véhicule et fournissent des informations et des divertissements au conducteur. Elle ne porte pas sur les systèmes spécifiques pour les passagers ni sur les systèmes d'information ou de divertissement portables qui ne sont pas connectés au véhicule (par exemple, un conducteur écoutant un lecteur MP3 séparé avec des écouteurs ou un système de navigation portable). Pour des recommandations sur ces dernières situations, nous renvoyons à une publication antérieure de l'Institut Vias (Meesmann et al., 2009).

En 2019, il existe de nombreuses entreprises sur le marché qui offrent des services d'info-divertissement (par exemple Alpine, Bang & Olufsen, Blaupunkt, Bose (fournit exclusivement à divers constructeurs automobiles), Boston Acoustics (Chevrolet, Chrysler, Dodge, Jeep), Burmester Audiosysteme (Bugatti Veyron, Mercedes-Benz, Porsche), Dynaudio (Volkswagen), Harman International Industries (Ford, Toyota), Lexicon (Hyundai), Panasonic, Pioneer (GM, Ford, Mazda, Toyota/Lexus, Honda), Polk Audio, Revel (Lincoln) et Sony) (Wikipédia, 2019). Il s'agit d'un marché en pleine expansion, stimulé par la production de nouvelles voitures, les progrès technologiques et une demande croissante de véhicules de luxe. L'ancêtre de l'IVI est l'autoradio et il fait partie intégrante du tableau de bord depuis les années 1930. Dans les années 1980 et 1990, les autoradios ont été équipés de lecteurs de cassettes et de CD. En 1986, Buick a été le premier constructeur automobile à proposer un écran tactile dans un modèle de série. Cependant, les IVI à écran tactile n'ont conquis le marché à grande échelle qu'à partir du début de l'année 2000, principalement pour la lecture de fichiers MP3 ou comme système de navigation. Aujourd'hui, de nombreux systèmes IVI peuvent se connecter aux smartphones et à internet.

## 1.2 Revue de la littérature sur l'impact des systèmes d'info-divertissement

Dans cette revue de la littérature, nous avons étudié les effets de l'IVI sur la sécurité routière. Dans ce contexte, ces dispositifs représentent une source potentielle de distraction au volant. Ce type de distraction

peut être défini comme "le fait d'accaparer l'attention pour des activités secondaires au détriment d'activités essentielles pour une conduite sûre" (Regan et al., 2011; Engström et al., 2013 ; Regan & Strayer, 2014). Par rapport à l'utilisation des téléphones portables et à d'autres formes de distraction au volant, l'utilisation de l'IVI a fait l'objet de peu d'attention (Ziakopoulos et al., 2019). L'utilisation de l'IVI est en constante augmentation et offre aux conducteurs un large éventail de tâches et de contenus distrayants. Les distractions au volant sont de plus en plus reconnues comme une cause importante de décès et de blessures dans la circulation. On estime que la distraction est la cause de 25 à 75 % de tous les (quasi-)accidents (Dingus et al., 2006 ; Dingus et al., 2016 ; Caird et al., 2014 ; ERSO, 2018 ; Department for Transportation, 2019). Il est donc important d'avoir une meilleure idée de l'impact potentiel de l'info-divertissement et de l'utilisation de l'IVI sur la sécurité routière.

L'exécution d'une deuxième tâche concurrentielle pendant la conduite entraîne une charge de travail mentale et motrice plus importante, ce qui affecte le comportement au volant. Par exemple, pour sélectionner et écouter de la musique pendant la conduite, le conducteur peut actionner un bouton sur le volant, donner une commande vocale ou afficher des options sur un écran LCD, puis sélectionner une option en appuyant sur l'écran.

Comme le montre cet exemple, la distraction peut provenir d'une combinaison de trois sources (Strayer et al., 2011). Premièrement, il y a la composante visuelle où les conducteurs détournent leurs yeux de la route pour faire fonctionner l'appareil. Deuxièmement, il y a l'interférence manuelle lorsque le conducteur a besoin d'une des deux mains pour faire fonctionner l'appareil, et troisièmement, il y a la distraction cognitive lorsque l'attention s'écarte de la tâche principale : la conduite sûre. Individuellement, chacune de ces sources de distraction peut avoir un impact sur la sécurité routière, mais souvent c'est aussi la combinaison des trois sources. En conséquence, les conducteurs réagissent plus lentement car ils ont besoin de plus de temps pour traiter ce qui se passe dans la circulation et réagir de manière adéquate. Le risque de distraction est particulièrement élevé lorsque les dispositifs intégrés contiennent des écrans qui requièrent de quitter la route des yeux, ce qui augmente alors le risque d'accident (Ziakopoulos et al., 2019). C'est dans ce cadre que le ministère américain des transports a élaboré des lignes directrices pour l'industrie automobile concernant les tâches supplémentaires visuelles et manuelles qui peuvent être effectuées pendant la conduite (NHTSA, 2013). Il est notamment exigé que les tâches supplémentaires, en plus de la conduite, ne doivent jamais amener les conducteurs à quitter la route des yeux pendant un total (cumulé) de plus de 12 secondes pour accomplir cette tâche, et que les mouvements individuels des yeux ne doivent pas entraîner de quitter la route des yeux plus de 2 secondes. Aux Pays-Bas également, des initiatives ont été prises en étroite collaboration avec le gouvernement pour prévenir les distractions causées par les nouvelles technologies dans les véhicules. Des groupes de travail ont été mis en place avec des organisations de diverses disciplines et ils ont conduit à l'élaboration de recommandations tant pour les usagers de la route (utilisation de la technologie au volant), que pour les décideurs politiques et les *concepteurs de véhicules* (technologie) ("*Human factor guidelines for the design of safe in-car traffic information services*") (Kroon et al., 2016 ; Harms et al., 2017). Par la suite, les fabricants, les employeurs, les autorités gouvernementales, les organisations de la société civile et les partenaires de communication néerlandais ont été invités à s'engager officiellement à respecter un pacte indiquant qu'ils contribueront activement à la lutte contre les distractions dangereuses causées par les fonctions intelligentes dans la circulation (Pacte "Utilisation sûre des fonctionnalités intelligentes dans la circulation", 2017).

Ce travail vise à formuler des recommandations concernant l'utilisation des systèmes IVI. Ce rapport met explicitement l'accent sur le groupe cible des automobilistes. L'objectif de cette étude est de recenser dans la littérature scientifique les risques et les avantages de l'utilisation de l'IVI au volant et de fournir un aperçu des réglementations légales en vigueur dans différents pays à ce sujet. Les informations sur l'impact de l'IVI dans le trafic seront collectées par une étude systématique de la littérature dans les bases de données scientifiques, ainsi que par la littérature grise (sites web et bases de données des agences gouvernementales et des instituts de recherche).

## 2 Méthode

### 2.1 Sources de la littérature

La littérature scientifique pour cette étude a été recherchée dans les bases de données suivantes :

- Pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)
- ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>)
- Base de données Trid (<https://trid.trb.org/>)
- Base de données SWOV (<https://www.swov.nl/publicaties>)
- Bibliothèque de l'UCL (<https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/>)

La priorité a été donnée aux publications scientifique évaluées par des pairs, mais la littérature grise a également été utilisées.

La recherche a été effectuée sur "Infotainment", "Infotainment + distraction", "distraction + car + driving", "IVI", " in vehicle information system ". Une première sélection sur base des titres a donné 130 publications. Parmi celles-ci, 48 études ont été sélectionnées sur base du sommaire/résumé et finalement 20 études été incluses dans la revue de la littérature (voir tableau 1).

### 2.2 Critères de sélection

Critères d'inclusion :

- L'objet principal de l'étude porte sur les effets des systèmes d'info-distraction intégrés dans les véhicules : toutes les tâches et modalités d'interaction
- De préférence des études incluant une catégorie ou un groupe « contrôle » (quelques études comparant différentes modalités pour une tâche IVI sont également incluses).
- Les variables de résultats sont liées à la sécurité routière, par exemple les données sur les accidents, les variables de conduite, les données sur les mouvements des yeux, les variables de distraction, les temps de réaction, la charge de travail subjective et la convivialité.

Critères d'exclusion :

- Les études techniques pour et par des concepteurs/ingénieurs dans le cadre de l'essai de prototypes et de la modélisation; les études sur les outils d'évaluation IVI pour l'industrie ; les développements dans le cadre de l'automatisation et des systèmes de sécurité actifs des véhicules pour les conducteurs (ADAS: *advanced driver assistance systems*) ; l'utilisation des téléphones mobiles (indépendants du véhicule) pendant la conduite ...
- La recherche fondamentale sur les distractions (la présente étude concerne spécifiquement les distractions IVI)
- Les *Head-up-displays* (HUD) ou systèmes dans lesquels les informations normalement lues sur un appareil sont projetées directement dans le champ de vision. Bien que les HUD puissent également faire partie de l'info-divertissement puisque certains systèmes IVI les utilisent, il a été décidé de ne pas inclure cette technologie car son utilisation n'est pas encore très répandue et, en termes de fonctionnalités, elle est trop éloignée des formes d'IVI les plus courantes actuellement utilisées.

### 3 Tableau des résultats

Au total, 20 études ont été examinées et codées (auteur, année de publication, échantillon, design de l'étude, méthode d'analyse, info-divertissement (outil, modèle, modalité d'interaction, système), variable(s) de résultat, résultats principaux, effet(s) sur la sécurité routière). Ce chapitre présente les résultats les plus importants par étude sous forme de tableau (3.1) ainsi qu'un résumé général des résultats les plus importants de cette revue de la littérature (3.2). Le tableau détaillé des résultats se trouve à l'annexe 1.

Le tableau 1 donne la référence et un bref aperçu de la méthodologie de l'étude dans la première colonne, une description des principaux résultats dans la troisième colonne, et une évaluation sommaire de l'impact global sur la sécurité routière dans la deuxième colonne où :

- + : effet positif
- - : effet négatif
- 0 : effet neutre, sans effet
- NA : non applicable (par exemple parce qu'il n'y avait pas de condition contrôle "sans IVI")

Les études successives de l'AAAFTS (études 1 à 6 du tableau 1) ont été les plus approfondies et les plus rigoureuses sur le plan méthodologique. En conséquence, ils ont été présentés de manière un peu plus détaillée dans le tableau.

Tableau 1 des principaux résultats par étude (n=20)

Référence (méthodologie)	Principaux résultats et impact sur la sécurité routière (+ , - , 0, NA)	
<p><b>(1) Strayer et al. (2014)</b> (étude sur simulateur de conduite et étude de conduite sur route ; 8 tâches IVI à commande vocale ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : distraction cognitive basée sur des mesures objectives et subjectives)</p>	-	<p><i>Étude : évaluation des effets des tâches IVI à commande vocale (prototypes) : instructions courtes/simples pour la voiture (par exemple, changement de station de radio, installation de la climatisation), écoute de courriels, navigation par menu avec une grande fiabilité (pas d'erreurs de traduction de la parole) et une faible fiabilité (avec des erreurs de traduction), composition de courts messages électroniques, interactions Siri (par exemple, mise à jour de Facebook, sms, changements d'agenda).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La charge cognitive augmentait systématiquement pour plusieurs tâches IVI basées sur la parole, sur une échelle de charge cognitive allant du score 1 (tâche unique de conduite sans IVI ; contrôle) au score 5 (tâche de référence de haute complexité cognitive) : (de faible à élevé) instructions simples pour la voiture (score 1,88), écoute de courriels (score 2,18), navigation par menu avec une grande fiabilité (score 2,83), rédaction de courts courriels (score 3,08), navigation par menu avec une faible fiabilité (score 3,67) et enfin interactions Siri (score 4,15).</li> <li>- Avec l'augmentation de la charge cognitive, les performances de conduite étaient nettement moins bonnes (par exemple, le temps de réaction pour freiner, l'analyse des risques, le temps de détection périphérique).</li> <li>- En résumé, selon les chercheurs, les interactions IVI par la parole peuvent avoir des conséquences involontaires qui nuisent à la sécurité routière. Les instructions simples pour la voiture étaient à peu près aussi exigeantes que l'écoute d'un livre audio. L'augmentation de la charge de travail liée à la fiabilité de la navigation par menu suggère que la navigation par menu à commande vocale doit également être utilisée avec prudence. En fonction des limites de la capacité de la mémoire de travail, le nombre d'éléments d'un menu de sélection donné ne devrait pas dépasser quatre ou cinq, et il faut impérativement tenir compte de la convivialité du système et de la fiabilité de la reconnaissance vocale (erreurs minimales). En effet, la charge de travail du conducteur augmentait systématiquement lorsque la convivialité subjective diminuait. L'interface de langage naturel Siri avait une charge de travail cognitive très élevée. Par rapport aux autres tâches, Siri avait également le score le plus bas pour l'intuitivité et le score le plus élevé pour la complexité de l'interaction.</li> </ul>
<p><b>(2) Cooper et al. (2014)</b> (étude de la conduite sur la route, 8 tâches IVI à commande vocale, 5 modèles de voitures intégrées 2012-2013 ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : distraction cognitive basée sur des mesures objectives et subjectives)</p>	-	<p><i>Étude : évaluation des effets des tâches IVI intégrées à commande vocale : régler la musique, composer des numéros, composer des numéros à 10 chiffres, appeler une personne de la liste de contacts, changer de station de radio, écouter une piste de CD.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La charge cognitive moyenne des interactions vocales avec les systèmes intégrés dans le véhicule sur l'échelle de charge cognitive standardisée (voir (1)) était de 3, ce qui indiquait que ces tâches IVI à commande vocale étaient généralement plus exigeantes que les conversations en voiture, l'écoute de la radio ou l'écoute d'un livre audio.</li> <li>- Toutefois, les résultats montraient également que ces tâches IVI de base, si elles étaient bien conçues, pouvaient être réalisées avec peu d'erreurs et en un nombre limité d'étapes, ce qui entraînait une charge cognitive supplémentaire limitée. La charge de travail cognitif différait sensiblement entre les différents modèles de véhicules, par exemple les fonctions pour la musique et la recherche de contacts avec le système <i>Entune de Toyota</i> entraînait une augmentation modérée de la charge de travail cognitif par rapport à la condition « contrôle » (pas d'IVI), tandis que les mêmes tâches réalisées avec le <i>MyLink de Chevrolet</i> entraînaient une charge de travail approchant la tâche cognitive de référence la plus exigeante (score 5). L'un des éléments les plus critiques était la durée de l'interaction, déterminée par la verbosité du système, le nombre d'étapes pour accomplir une tâche, le nombre d'erreurs de système et de conception (traduction). Des systèmes vocaux bien développés permettaient aux conducteurs de garder les yeux sur la route sans imposer une charge cognitive importante. Des systèmes vocaux mal développés pouvaient avoir l'effet inverse et imposer une charge mentale élevée, ce qui pouvait conduire à de longues périodes sans regarder la route pour vérifier l'état du système IVI.</li> </ul>
<p><b>(3) Strayer et al. (2015)</b> (étude de la conduite sur route : mesure avant et 5 jours après)</p>	-	<p><i>Étude : évaluation des effets des tâches IVI intégrées à commande vocale : composer un numéro de téléphone, appeler un contact, régler la radio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les tâches IVI s'accompagnaient d'un niveau de distraction cognitive modéré à élevé (sur l'échelle standardisée de la charge de travail cognitive, voir (1)), le score allait de 2,37 à 4,58, sans qu'à aucun moment, les conducteurs aient dû quitter la route des yeux ou à lâcher le volant. Les technologies "mains libres" pouvaient donc être très exigeantes sur le plan cognitif. De nombreuses tâches de l'IVI</li> </ul>

<p>l'entraînement pour évaluer l'effet de l'entraînement ; comparaison supplémentaire basée sur l'âge : 21-34 ans vs 35-53 ans vs 54-70 ans ; 6 tâches IVI à commande vocale ; 10 modèles de voitures intégrées 2015 ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : charge de travail cognitive basée sur des mesures objectives et subjectives)</p>		<p>semblaient être nettement plus exigeantes que les appels téléphoniques classiques (score 2,3). La charge de travail était liée à l'intuitivité et à la complexité du système ainsi qu'au temps nécessaire pour mener à bien l'interaction.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une expérience/entraînement de courte durée (5 jours) avec le système IVI ne supprimait pas la distraction cognitive causée par l'interaction. Les interactions IVI qui étaient faciles le premier jour étaient également faciles après cinq jours de pratique, et les interactions IVI qui étaient difficiles le premier jour restaient encore relativement difficiles après cinq jours de pratique.</li> <li>- Les conducteurs plus âgés (54-70 ans) étaient plus distraits sur le plan cognitif par les tâches de l'IVI que les jeunes conducteurs (21-34 ans) et les conducteurs d'âge moyen (35-53 ans). Les conducteurs plus âgés trouvaient également les tâches de l'IVI plus complexes que les conducteurs plus jeunes.</li> <li>- Il existait des différences significatives dans la charge cognitive en raison des différents systèmes IVI intégrés (par exemple, le <i>Chevrolet Equinox MyLink</i> avait la charge la plus faible, tandis que le <i>Mazda 6 Connect</i> avait la charge la plus élevée). Les systèmes robustes et intuitifs, moins complexes et plus rapides, entraînaient moins de distractions cognitives, par opposition aux systèmes plus rigides, plus sujets à l'erreur et plus chronophages.</li> <li>- Il existait des effets résiduels après les interactions IVI, avec des réductions de performance qui pouvaient durer jusqu'à 27 secondes après l'achèvement de la tâche IVI.</li> <li>- L'interaction avec les systèmes à commande vocale modifiait la fréquence des fixations des yeux sur le pare-brise et les rétroviseurs latéraux et arrière. Sur la base de ces résultats, il devenait de plus en plus évident que le comportement naturel de balayage visuel est fondamentalement lié aux exigences de traitement cognitif. Ce serait une erreur de croire que "parler à la voiture" est une activité qui se fait "sans les yeux".</li> </ul>
<p><b>(4) Strayer et al. (2017)</b> (étude de la conduite sur route ; 4 tâches IVI ; 3 modes d'interaction ; 30 modèles de voitures intégrées 2017 ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : distraction cognitive/visuelle basée sur des mesures objectives et subjectives)</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des différentes tâches IVI intégrées et des modes d'interaction. Tâches : appels/composition de numéros, envoi de sms, syntonisation de la radio, programmation de la navigation. Modes d'interaction : commandes vocales, écran tactile dans la console centrale, instruments de contrôle dans la console centrale.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La charge de travail globale (total des exigences visuelles, auditives, cognitives et physiques pour effectuer la tâche de conduite principale et la tâche IVI secondaire) était sensiblement prédite par le type de tâche IVI: la programmation de la navigation était la plus exigeante et le sms avait une charge de travail totale sensiblement plus élevée que la syntonisation radio et les appels de numéros.</li> <li>- Toutes les tâches impliquaient des niveaux plus élevés de charge cognitive (manuelle). La syntonisation de la radio et la navigation entraînaient une charge visuelle (le conducteur quitte la route des yeux) plus importante que les appels et les sms. Les sms et la navigation prenaient beaucoup plus de temps que la syntonisation et les appels radio.</li> <li>- Tous les modes d'interaction entraînaient une charge de travail globale très élevée : les interactions avec l'écran de la console centrale (écran tactile) étaient moins exigeantes que les commandes vocales, qui étaient moins exigeantes que les interactions avec la console centrale (par exemple, bouton rotatif/roue d'écriture). Les commandes vocales entraînaient une charge visuelle plus faible que les autres modes, mais les avantages d'une charge visuelle réduite étaient compensés par des temps d'interaction plus longs.</li> <li>- La tâche IVI et le mode d'interaction avaient un effet d'interaction significatif (par exemple, l'envoi de texte était considérablement plus exigeant avec la commande vocale qu'avec les modes manuels).</li> <li>- Il y avait des différences significatives entre les systèmes IVI des modèles de véhicules: 23 voitures avaient une charge totale élevée ou très élevée, 7 avaient une charge modérée et aucune n'avaient une charge totale faible.</li> </ul>
<p><b>(5) Strayer et al. (2018)</b> (étude de la conduite sur route ; 4 tâches IVI ; 2 modes d'interaction ; 5 modèles de voitures intégrées 2017-2018 par rapport aux systèmes</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des différentes tâches IVI et des modes d'interaction : systèmes intégrés ou hybrides. Tâches : composer des numéros, envoyer des sms, programmer un divertissement audio, programmer la navigation. Modes d'interaction : commandes auditives-vocales, écran tactile sur la console centrale, autres commandes (boutons, touches).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparaison des systèmes IVI: Les systèmes hybrides CarPlay &amp; Android Auto étaient moins exigeants (charge totale modérée) et offraient plus de fonctionnalités que l'IVI intégré (charge totale très élevée). La charge de travail totale avec CarPlay et Android Auto n'a pas varié et toutes deux étaient nettement inférieures à la valeur de référence la plus élevée (tâche cognitive très complexe).</li> <li>- Comparaison des tâches de l'IVI: Pour la plupart des tâches, les systèmes CarPlay et Android Auto étaient moins exigeants que les systèmes d'info-divertissement intégrés. CarPlay avait une charge de travail globale inférieure à celle d'Android Auto pour l'envoi de</li> </ul>

<p>hybrides CarPlay et Android Auto ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : charge cognitive/visuelle dérivée de mesures objectives et subjectives)</p>		<p>sms. D'autre part, Android Auto avait une charge de travail globale plus faible que CarPlay pour la programmation de la navigation et était beaucoup moins exigeant que les systèmes d'info-divertissement intégrés.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparaison des modes d'interaction IVI: la charge de travail visuelle de CarPlay et d'Android Auto était inférieure pour les interactions auditives/vocales et sur la console centrale (écran) par rapport aux systèmes intégrés. Pour CarPlay, la charge de travail était plus faible (pas de manière significative) pour les interactions sur la console centrale que pour les interactions auditives/vocales. Inversement, la charge de travail pour les interactions auditives/vocales avec Android Auto était plus faible que pour les interactions sur la console centrale.</li> <li>- Comparaison des marques/modèles de véhicules : deux des cinq systèmes intégrés testés ont donné lieu à une charge totale très élevée et trois à une charge totale modérément élevée. Avec CarPlay et Android Auto, trois véhicules avaient une charge de travail élevée et deux véhicules un niveau modéré. Les systèmes CarPlay et Android Auto variaient aussi au niveau de la charge totale lorsqu'ils étaient utilisés dans différents véhicules.</li> <li>- La charge de travail totale pour les interactions auditives/vocales était plus faible dans la présente étude (par rapport à (4) Strayer et al., 2017), ce qui peut être attribué à l'interface auditive/vocale supérieure d'Android Auto (et de CarPlay, dans une moindre mesure), par rapport aux systèmes IVI intégrés.</li> </ul>
<p><b>(6) Cooper et al. (2019)</b> (étude de la conduite sur route ; comparaison des jeunes et des conducteurs âgés ; 4 tâches IVI ; 2 modes d'interaction ; 6 modèles de voitures intégrées 2018 ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : charge de travail visuelle et cognitive basée sur des mesures objectives et subjectives)</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des différentes tâches IVI intégrées et des modes d'interaction. Tâches : appeler/ composer des numéros, envoyer un sms, sélectionner de la musique, programmer la navigation. Modes d'interaction : commandes auditives-vocales, écrans tactiles sur la console centrale, commandes sur la console centrale.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparaison des tâches de l'IVI: Les conducteurs plus âgés mettaient généralement plus de temps que les plus jeunes à accomplir les tâches de l'IVI. Les conducteurs plus âgés avaient des temps d'interaction plus longs avec la tâche de navigation qu'avec les autres tâches. En moyenne, les jeunes conducteurs comme les conducteurs plus âgés ont mis moins de temps pour sélectionner de la musique et appeler ou composer un numéro que pour envoyer un sms ou naviguer (dans ce dernier cas, il a fallu plus de 24 s dans les deux groupes). En général, la charge de travail cognitive et visuelle est plus élevée chez les conducteurs âgés que chez les jeunes conducteurs, tant pour les tâches IVI que pour les tâches de base. Tous les conducteurs ont déclaré que les tâches d'appel, de composition et d'envoi de sms étaient moins exigeantes que les tâches de navigation et de sélection musicale, et les conducteurs plus âgés ont trouvé toutes les tâches IVI plus exigeantes que les jeunes conducteurs.</li> <li>- Comparaison des modes d'interaction IVI : les tâches effectuées à l'aide de commandes vocales/auditives étaient les plus longues, suivies des opérations manuelles sur la console centrale et les interactions à l'écran sur la console centrale étaient en moyenne les plus courtes. Cependant, tous les conducteurs ont trouvé les commandes vocales moins exigeantes que les interactions manuelles. Les conducteurs plus âgés ont mis plus de temps à accomplir des tâches que les jeunes conducteurs, tous modes d'interaction confondus, et leur charge de travail visuelle était également plus élevée, tous modes d'interaction confondus.</li> <li>- Comparaison des marques/modèles de véhicules : Le temps d'interaction et la charge visuelle des tâches variaient considérablement selon le type de véhicule. Dans certains véhicules, les jeunes conducteurs et les plus âgés ont pu accomplir les tâches en moins de 24 secondes ; dans d'autres véhicules, cela a pris en moyenne plus de temps. Les différences de charge de travail subjective liées à l'âge dépendent du modèle de véhicule : pour certains véhicules, l'évaluation des deux groupes est similaire, mais pour d'autres, elle diffère.</li> </ul>
<p><b>(7) Lee et al. (2012)</b> (étude sur un simulateur de conduite ; 1 tâche IVI ; 2 outils (MP3 intégré vs. télécommande « aftermarket ») ; comparaison de 3 longueurs de liste ; inclusion d'une condition</p>	<p>0/-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des variations des tâches IVI : parcourir la liste de chansons pour trouver la chanson recherchée dans une courte (20 chansons), une moyenne (75 chansons) et une longue liste (580 chansons), tâche de contrôle radio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'impact du défilement d'une liste courte n'était pas différent de celui de la condition « contrôle » et du fonctionnement de la radio. Cependant, le fait de faire défiler de longues listes a des effets négatifs sur la conduite et l'attention visuelle: moins bonnes performances de conduite et plus longues fixations du regard (&gt; 2s) sur l'appareil. Les conducteurs n'ont pas suffisamment adapté leur utilisation de l'appareil aux exigences de la route.</li> <li>- Au lieu de les améliorer, les performances atteintes avec le modèle « aftermarket » étaient pires (période de fixation du regard sur l'appareil plus longue).</li> </ul>

<p>« contrôle » ; mesures : conduite, tâche IVI, mouvements des yeux)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'IVI doit aider les conducteurs à contrôler la distraction (gestion de la distraction). « Aftermarket controllers » peuvent involontairement rendre les appareils transportés dans la voiture moins compatibles avec la conduite.</li> </ul>
<p><b>(8) Mitsopoulos-Rubens et al. (2011)</b> (étude des performances de conduite ; 1 tâche IVI visuelle-manuelle ; comparaison de 3 tracés ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : conduite, charge de travail, tâche IVI, charge cognitive)</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : Évaluation des effets d'une tâche visuelle-manuelle IVI et variations : sélection musicale sur écran visuel avec 3 mises en page.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La tâche IVI a eu un effet négatif général, indépendamment de la mise en page : par rapport à la condition « contrôle », il y a eu une réduction significative des performances de conduite.</li> <li>- Bien que des différences significatives aient été constatées dans la charge de travail subjective et la performance de la sélection musicale en fonction de la mise en page, la performance de conduite n'a pas été affectée différemment selon la mise en page.</li> </ul>
<p><b>(9) Platten et al. (2013)</b> (étude sur simulateur de conduite ; tâches visuelles/manuelles IVI ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : conduite, tâche IVI)</p>	<p>0</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des tâches IVI visuelles et manuelles : passer un appel téléphonique, modifier une piste audio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les conducteurs étaient souvent capables de s'adapter à des situations dangereuses, même s'ils utilisaient l'info-divertissement. Les performances de conduite n'avaient pas différé de manière significative entre les conditions avec et sans IVI. Le même nombre d'erreurs de conduite a été enregistré dans les deux groupes.</li> <li>- On peut supposer que c'est parce que, dans cette étude, les conducteurs avaient la possibilité d'interrompre l'utilisation de l'IVI. Les conducteurs interrompaient leur tâche IVI en fonction du moment où ils recevaient des informations sur l'évolution d'une situation routière. En d'autres termes, les conducteurs ont réussi à adapter leur comportement aux exigences des situations critiques de la circulation.</li> </ul>
<p><b>(10) Tardieu et al. (2015)</b> (Etude expérimentale : tâche de détecter des cibles ; 1 tâche IVI ; 2 modes d'interaction : clavier avec ou sans support sonore ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : tâche de détection, tâche IVI, mouvements des yeux)</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets d'une tâche IVI visuelle-manuelle et de différents modes d'interaction (clavier avec et sans support sonore) : navigation hiérarchique dans les menus.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cette étude suggère que l'assistance sonore dans les tâches IVI pendant la conduite peut améliorer l'attention visuelle du conducteur. Les résultats indiquent que le nombre de distractions visuelles et la durée de ces distractions ont considérablement diminué grâce au support sonore. En d'autres termes, l'IVI pourrait être utilisé presque exclusivement à l'oreille.</li> <li>- Cependant, les temps de réaction dans la tâche de détection primaire ont été augmentés à la fois dans la condition avec et sans support sonore par rapport à la condition sans la tâche IVI secondaire (contrôle).</li> </ul>
<p><b>(11) Reimer &amp; Mehler (2013)</b> (étude de la conduite sur route ; 4 tâches IVI à commande vocale ; inclusion d'une tâche de référence de base (changement manuel de</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des tâches IVI à commande vocale : fonctionnement de la radio, sélection de musique via un lecteur MP3 connecté, appel téléphonique avec un numéro mémorisé, saisie d'une adresse complète dans le système de navigation.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les résultats soulignaient que les interfaces vocales peuvent être très multimodales et peuvent parfois être une source de distractions visuelles ou manuelles. Le résultat le plus notable était le niveau élevé de distraction visuelle lors de certaines tâches, comme utiliser les commandes vocales pour entrer des adresses dans le système de navigation.</li> <li>- Il est également apparu que les différents groupes d'âge/génération avaient tendance à interagir avec le système vocal de différentes manières.</li> </ul>



<p>station radio) ; mesures : conduite, charge de travail, attention physiologique, mouvements des yeux )</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si les directives de la <i>National Highway Transportation Safety Administration</i> (NHTSA, 2013) étaient appliquées aux tâches IVI en question, un certain nombre d'interactions "vocales" ne répondraient pas aux critères. Il est clair que la distraction visuelle doit être prise en compte dans la conception des interactions avec commandes vocales multimodales.</li> </ul>
<p><b>(12) Kidd et al. (2017)</b> (étude de la conduite sur autoroute ; comparaison avec les directives officielles pour l'utilisation et l'évaluation de l'IVI ; 4 tâches IVI ; 2 modes d'interaction ; 2 systèmes de modèles ; mesures : mouvements des yeux )</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des différentes tâches IVI et des modes d'interaction. Tâches : rendre les appels de contacts faciles/compliqués, utiliser le bouton de pré-réglage de la radio/régler manuellement la radio. Modes d'interaction : à commande vocale, visuel-manuel.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation de la radio préprogrammée (bouton) était la seule tâche pour laquelle la durée totale des fixations visuelles non optiques était inférieure ou égale à 12s. Selon les lignes directrices de la NHTSA (2013), ce serait donc la seule tâche qui répondrait aux critères.</li> <li>- Le fonctionnement manuel de la radio n'était pas conforme aux directives (<i>Alliance of Automobile Manufacturers</i> (2006) et NHTSA (2013)), bien que les deux directives utilisent cette tâche comme référence pour déterminer les niveaux acceptables de distraction visuelle. Cela peut indiquer que les radios actuelles sont plus difficiles à utiliser que les radios qui ont servi de base aux lignes directrices. Cependant, cette hypothèse n'a pas été démontrée dans des études sur la conduite en situation réelle.</li> <li>- Les lignes directrices officielles devraient (davantage) tenir compte des différentes situations sur la route. Les exigences visuelles de la conduite sur l'autoroute (comme dans cette étude) sont probablement différentes des exigences visuelles des situations sur lesquelles se fondent les deux directives. Les conducteurs modifient souvent leur comportement visuel ou la vitesse de leur véhicule pour répondre aux exigences visuelles de la situation de la circulation.</li> </ul>
<p><b>(13) Mehler et al. (2015)</b> (étude de la conduite sur la route ; 2 tâches IVI ; 2 modes d'interaction ; 2 systèmes modèles à commande vocale par rapport à un smartphone manuel ; inclusion d'une condition « contrôle » ; mesures : conduite, tâche IVI, mouvements des yeux, physiologique, charge de travail)</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des différentes tâches IVI et des modes d'interaction. Tâches : appeler un contact, entrer une adresse dans le système de navigation. Modes d'interaction : à commande vocale et manuelle.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation d'interfaces vocales pour interagir avec un système d'info-divertissement pouvait réduire considérablement la charge de travail subjective et les exigences visuelles par rapport à l'utilisation d'une interface manuelle.</li> <li>- Les interfaces vocales intégrées étudiées ici ont permis de réduire considérablement le temps de fixation moyen du regard, le pourcentage de regards de longue durée (&gt;2s) et la durée totale d'un regard non dirigé par rapport à une opération manuelle visuelle. Lors des appels avec la commande vocale, les participants ont rapporté une charge de travail subjective nettement inférieure, la durée pendant laquelle le regard n'était pas fixé sur la route était plus courte, les moments où le regard quittait la route plus de 2s étaient moins nombreux, et ils restaient moins longtemps sans regarder la route devant eux, par rapport aux appels téléphoniques passés avec la saisie manuelle.</li> <li>- Bien que les participants aient constaté un certain nombre d'avantages évidents de l'utilisation des commandes vocales par rapport à la saisie manuelle pour les tâches téléphoniques, il a été constaté que cela dépendait de la tâche spécifique. Selon la nature de la tâche et de sa mise en œuvre, les commandes vocales peuvent prendre plus de temps que l'utilisation d'une interface manuelle.</li> <li>- Un système IVI bien conçu et correctement utilisé peut réduire considérablement le temps nécessaire pour détourner le regard de la route et donc augmenter la sécurité, bien qu'aucune des tâches IVI à commande vocale étudiées ici ne puisse éliminer complètement les distractions visuelles.</li> </ul>
<p><b>(14) Kim &amp; Song (2014)</b> (étude sur simulateur de conduite ; 4 tâches IVI ; 4 modes d'interaction tactile ; mesures : attention visuelle, tâche IVI, flexion du poignet, charge de travail)</p>	<p>NA</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets de différents modes d'interaction IVI. Tâches : faire défiler une liste, déplacer une carte, zoomer/dézoomer sur une carte. Modes d'interaction : mouvements tactiles (frottement, défilement, pincement et tapotement).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le geste de frottement s'est avéré être le seul geste de toucher sans conséquences négatives lors de l'utilisation de l'IVI en conduisant. Le geste de pincement ne semblait pas être une méthode appropriée pour faire fonctionner l'IVI tout en conduisant dans les différents scénarios étudiés.</li> <li>- Lorsqu'on fait défiler une liste, les gestes prenaient plus de temps que de taper sur l'écran. Il est intéressant de noter que les gestes de défilement et le simple fait de tapoter sur l'écran exigeaient un peu plus d'attention visuelle.</li> <li>- Lors du déplacement d'une carte, le temps moyen nécessaire par action et la charge d'attention visuelle requise pour les gestes de frottement ne différaient pas des simples gestes de tapotement utilisés dans les systèmes de navigation automobile existants.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lors d'un zoom avant ou arrière sur une carte, le temps moyen par geste de pincement était similaire à celui d'une frappe sur l'écran, mais le pincement nécessitait une attention visuelle plus importante. En outre, les participants ont dû plier considérablement leur poignet en effectuant des mouvements de pincement à un angle de vision de 75°. Comme les angles d'affichage de nombreux systèmes de navigation automobile sont généralement supérieurs à 75°, les mouvements de pincement peuvent provoquer une fatigue importante du poignet.</li> </ul>
<p><b>(15) Peng &amp; Boyle (2015)</b> (étude sur simulateur de conduite ; 6 tâches IVI ; mesures : comportement visuel)</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets de l'utilisation de l'IVI dans le temps (plusieurs jours). Tâches IVI visuelles-manuelles et variations : saisie et lecture de mots - court (4 caractères), moyen (6 caractères) et long (12 caractères).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au plus les conducteurs étaient familiarisés avec l'IVI, au plus la durée du temps passé à regarder l'IVI augmentait lors de la saisie de texte, mais pas lors de la lecture de texte.</li> <li>- Les conducteurs à haut risque (d'après les réponses à un questionnaire sur les habitudes et les opinions de conduite) étaient moins conscients de la route lorsqu'ils saisissaient des longs mots que les conducteurs à faible risque, et cette différence s'est même accentuée avec le temps.</li> <li>- La situation de la circulation a également eu une influence significative sur le comportement visuel des conducteurs. L'ajustement positif observé lorsque la circulation est devenue plus dense suggère que les conducteurs peuvent reconnaître le risque accru d'effectuer des tâches IVI lorsque les exigences de conduite sont élevées et ainsi compenser ce risque en regardant la route de plus près. Toutefois, pour les conducteurs masculins à haut risque, le temps de visualisation maximum lors de la saisie d'un long mot dans ces conditions de circulation pourrait encore être de 4s, ce qui représente un danger potentiel pour le conducteur et les autres usagers de la route.</li> <li>- Cette étude suggère que les conducteurs peuvent présenter des changements de comportement négatifs à mesure qu'ils deviennent plus à l'aise avec l'utilisation de la technologie dans la voiture au fil du temps.</li> </ul>
<p><b>(16) Perez (2012)</b> (étude de conduite naturaliste 4 semaines / quasi-accidents ; 2 systèmes IVI : modèles de voitures 2002/2005 ; mesures : utilisation de l'IVI, paramètres de conduite, mouvements des yeux)</p>	<p>0</p>	<p><i>Étude : Évaluation des effets des systèmes IVI visuels et manuels hautement fonctionnels (écran tactile) (pas de tâches spécifiques)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dans le cadre de cette étude naturaliste sur la conduite, peu de liens ont été trouvés entre l'utilisation de l'IVI et les quasi-accidents : 5 quasi-accidents sur 46 ont montré une utilisation du système d'info-divertissement.</li> <li>- Les conducteurs qui ont utilisé l'IVI lors de quasi-accidents ont montré un comportement visuel spécifique, qui suggère généralement une moins bonne conscience des conditions de circulation.</li> </ul>
<p><b>(17) Perez et al. (2015)</b> (même ensemble de données que (16) ; étude de conduite naturaliste 4 semaines / quasi-accidents ; 2 modèles de systèmes IVI 2002/2005 ; comparaison avec des segments de base appariés sans IVI ; mesures : utilisation de l'IVI, paramètres de</p>	<p>-</p>	<p><i>Étude : Évaluation des effets des systèmes IVI visuels et manuels hautement fonctionnels (écran tactile) (pas de tâches spécifiques)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les données naturalistes ont montré que les conducteurs géraient généralement leurs interactions avec le système d'info-divertissement de manière stratégique, ce qui signifie que la plupart des actions et des interactions restaient en moyenne courtes et rares.</li> <li>- Dans cette étude, les participants ont régulièrement utilisé les systèmes d'info-divertissement et ont passé la plupart de leur temps à écouter une fonction de divertissement (99%). Au total, plus de 90 % des interactions avec plusieurs étapes ont duré 24,6 s ou moins, et 50 % des interactions ont duré 2,2 s ou moins. La durée totale moyenne de l'attention visuelle en dehors de la route était inférieure à 10 secondes pour toutes les interactions. Le participant médian a utilisé l'IVI une fois toutes les 4 heures (ou 0,25 interactions par heure) (90e percentile : 6,1 interactions/heure). Dans plus de 50 % des interactions, le volume a été ajusté. Bien qu'il y ait eu quelques longues interactions, la durée médiane était de 2,2s (90e percentile : 24,6s), ce qui représente clairement une attention visuelle plus importante que les valeurs de base correspondantes (sans IVI). La durée totale médiane des interactions était de 1s (90e percentile : 11,4s) et différait sensiblement selon le type d'interaction du système.</li> <li>- La charge visuelle des interactions visuelles et manuelles avec les systèmes d'info-divertissement était claire. Par rapport aux observations de base, les participants ont regardé l'interface 28,5 fois de plus par minute lorsqu'ils interagissaient avec le système d'info-divertissement. Ces vues ont duré 0,8s de plus que dans les segments de base (condition contrôle).</li> </ul>

<p>conduite, mouvements des yeux)</p>		
<p><b>(18) Graichen et al. (2019)</b> (étude de la conduite sur route ; 2 modes IVI ; pas de condition de contrôle ; mesures : comportement visuel, charge de travail, subjectif)</p>	<p>NA</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets de différents modes d'interaction IVI. Tâches manuelles visuelles : zoomer sur une carte de navigation, augmenter le volume, couper la radio, répéter une instruction de navigation, appeler des informations routières, naviguer vers une adresse. Modes d'interaction : le toucher (écran tactile) et les gestes.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grâce à une interaction basée sur des gestes, les participants ont dirigé beaucoup moins leurs regards vers l'écran et ces regards ont été beaucoup plus courts. De plus, les participants ont eu l'impression que la conduite était plus sûre : l'acceptation et l'attrait étaient plus élevés et la charge de travail subjective plus faible.</li> <li>- Les gestes peuvent être une alternative positive aux interactions à bord du véhicule, car les effets sur la distraction du conducteur sont moins importants que les interactions avec un écran tactile.</li> </ul>
<p><b>(19) Kim et al. (2014)</b> (étude sur simulateur de conduite ; 1 tâche IVI ; 1 mode d'interaction IVI avec 5 variations : écran tactile avec 5 tailles de touches ; pas de condition « contrôle » ; mesures : conduite, mouvements des yeux, tâche IVI, subjectif)</p>	<p>NA</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des variations du mode d'interaction IVI. Tâche visuelle-manuelle : saisie d'un nombre à 5 chiffres. Variations du mode d'interaction : 5 dimensions des touches tactiles sur l'écran.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tant la sécurité de conduite que la convivialité subjective de l'IVI ont augmenté à mesure que la taille des touches tactiles a atteint une certaine dimension : 17,5 mm (les autres dimensions étaient : 7,5 mm, 12,5 mm, 22,5 mm et 27,5 mm).</li> <li>- À mesure que la taille des touches tactiles augmentait, la convivialité subjective augmentait et la variation de vitesse en cours de conduite diminuait (vitesse plus stable). Le temps passé sur le système IVI a également diminué à mesure que la taille augmentait.</li> </ul>
<p><b>(20) Larsson &amp; Nobody (2015)</b> (simulateur de conduite sur autoroute ; 6 tâches IVI ; 2 modes d'interaction visuelle et manuelle ; 2 concepts de bruit ; inclusion de la valeur de base "pas de bruit" ; pas de condition « contrôle » (sans IVI) ; mesures : mouvements des yeux, auto-évaluation de la conduite)</p>	<p>NA</p>	<p><i>Étude : évaluation des effets des variations du mode d'interaction IVI. Tâche IVI visuelle-manuelle : chercher une chanson, appeler un contact, chercher une information dans le système, chercher des données de mesure, chercher une information sur le liquide lave-glace, chercher la commande de réinitialisation. Variation du mode d'interaction : écran tactile avec son de voix vs. avec son de musique.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des sons vocaux supplémentaires semblaient réduire efficacement la distraction visuelle lors de la recherche sur l'écran visuel (écran tactile), tandis que les sons musicaux ne réduisaient pas la distraction ou n'améliorent pas les performances subjectives de conduite.</li> <li>- L'ajout de sons vocaux avait permis de réduire considérablement le temps de visionnage total et le nombre de regards vers l'écran par rapport au groupe sans son (valeur de base). Les sons de la musique n'avaient pas produit de tels effets.</li> <li>- En outre, les participants ont estimé que leurs performances de conduite étaient nettement meilleures avec les sons vocaux que sans son et avec des sons musicaux.</li> </ul>

## 4 Principales conclusions et discussion

Ce rapport concerne une revue de la littérature internationale centrée sur l'impact de l'utilisation du système d'info-divertissement ou IVI par les automobilistes, le groupe d'utilisateurs le plus important. Un grand nombre d'études empiriques sur les effets distrayants du système d'info-divertissement ont été examinées :

- un large éventail de tâches IVI secondaires (qui ne sont pas directement liées à la tâche de conduite, autre que la saisie éventuelle d'une destination pour la navigation ; par exemple, appeler un contact, composer un numéro, lire, écrire et envoyer des sms, rechercher de la musique, changer de station de radio, faire défiler des menus, configurer la navigation, rechercher des informations sur Internet...),
- diverses modalités d'interaction possibles (interactions auditives-vocales ou axées sur la parole ou interactions visuelles-manuelles avec, par exemple, le *toucher (écrans tactiles)* ou d'autres formes de fonctionnement)
- différents systèmes (véhicules, modèles, marques).

Cette diversité implique que de nombreuses combinaisons de tâches et de modalités d'interaction sont possibles, chacune ayant des effets distrayants spécifiques sur la conduite. En outre, il semble que le système IVI peut avoir un impact distrayant très variable entre les différentes marques ou modèles de véhicule pour les mêmes tâches et modes d'interaction d'une spécifique. Il est donc difficile de tirer des conclusions générales.

La plupart des études ont utilisé des systèmes d'info-divertissement existants dans des modèles de voitures ; dans quelques études, des prototypes ont été utilisés. La plupart des études ont évalué le système info-divertissement au volant, principalement sur la route, mais aussi dans des simulateurs de conduite. Certaines incluaient une condition ou un groupe « contrôle » (sans IVI), ce qui permet de tirer des conclusions claires sur les effets de l'utilisation de ce système. Dans une minorité d'études, les effets de détournement de l'IVI ont été évalués dans un cadre expérimental avec des tâches autres que la conduite. En outre, certaines études ont été incluses avec seulement une comparaison des modalités et des variations d'interaction IVI, sans condition « contrôle » ce qui nécessite une interprétation adaptée. Des études du monde entier (par exemple des États-Unis, de l'Australie, de la Corée du Sud, de la France, de l'Allemagne et de la Suède) ont été incluses dans cette revue. Les résultats de ces études sont consistants et pourraient donc également être représentatifs pour les conducteurs belges.

Les paramètres les plus fréquemment étudiés pour mesurer les effets sont les suivants :

- le comportement au volant (par exemple, variation de la position sur la route, variation de la vitesse, temps de réaction, quasi-accidents)
- les mouvements des yeux (par exemple, le balayage, le nombre et la durée des regards fixés sur la route et sur l'IVI)
- la charge de travail subjective (par exemple NASA-TLX)
- l'exécution des tâches IVI (par exemple, temps d'interaction, nombre d'étapes pour une interaction)
- des mesures psychophysiologiques (par exemple, le rythme cardiaque)
- les dimensions cognitives des tâches (temps de réponse et précision)
- des évaluations subjectives (par exemple, caractère intuitif, facilité d'utilisation).

Dans les études (successives) de l'AAAFTS, nous constatons une approche (de plus en plus) perfectionnée. Ils ont développé une méthode permettant de transposer les effets des sources de distraction pendant la conduite (sur une combinaison de variables dépendantes pertinentes) sur une échelle de "charge" (*demande*) (cognitive, visuelle et générale). Cette échelle de charge de travail va de 1 à 5, où 1 correspond à une condition contrôle "conduite sans distraction/IVI" et 5 correspond à une "tâche cognitive ou visuelle de référence très complexe" (indépendante de la conduite ; comme étalonnage). Cette échelle permet de mesurer et de comparer la charge de travail des nouvelles tâches IVI entre elles ainsi qu'avec un certain nombre de tâches secondaires fréquentes telles que l'écoute de la radio ou d'un livre audio, la conversation avec un passager, les appels (non) mains libres, etc. (Voir tableau 1 : 1, 2, 3, 4, 5). Dans leur étude la plus récente ((5) 2019), ils estiment qu'on peut relativement facilement mesurer le potentiel de distraction et de la charge de travail des tâches IVI grâce au temps nécessaire pour réaliser la tâche (temps d'interaction) et à la mesure de l'attention visuelle car chaque tâche IVI, quel que soit son mode, entraîne une distraction visuelle.

Dans trois études, le comportement au volant sur une plus longue période a été évalué selon un modèle naturaliste, permettant aux conducteurs de réguler leur utilisation de l'IVI pendant la conduite, en termes de tâches, de modalités et de temps (3, 16, 17). Dans la plupart des autres études, les tâches IVI spécifiques

avec des modes d'interaction spécifiques devaient être effectuées à des moments précis, ce qui laissait moins de place à l'autorégulation stratégique.

**Les résultats des études expérimentales avec une condition « contrôle » indiquent généralement que la tâche de conduite est affectée de manière négative** par les distractions liées à l'utilisation de l'IVI pendant la conduite. La charge due à l'utilisation souvent multimodale de l'info-divertissement (manuel, cognitif, visuel et/ou subjectif) est modérément à significativement augmentée pour de nombreuses tâches IVI et modes d'interaction, **la charge spécifique variant systématiquement selon les combinaisons de tâches, de modes et de systèmes** (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17). En outre, certains éléments indiquent qu'à mesure que les conducteurs s'habituent à l'IVI (sur une période de quelques jours), ils commencent également à montrer des changements de comportement plus négatifs, tels que l'augmentation du temps de visionnage de l'IVI (15). L'entraînement avec l'IVI (5 jours) ne réduirait pas non plus les interférences, et il pourrait même y avoir des baisses résiduelles de la vigilance jusqu'à près d'une demi-minute après une interaction IVI (3).

Les effets de l'utilisation de l'IVI varient grandement en fonction de la **tâche**, par exemple la mise en place de la navigation et des sms est généralement plus exigeante que l'appel d'un contact ou la recherche d'une station de radio (4). Dans les systèmes à commande vocale, les tâches sont de plus en plus nombreuses : commandes simples de voiture, écoute de courriels, navigation par menu avec une grande fiabilité, création de messages, navigation par menu avec une faible fiabilité, et enfin interactions avec Siri (Siri est l'assistant vocal d'Apple et peut être utilisé pour écrire et envoyer des messages texte, consulter Facebook, modifier des rendez-vous du calendrier, etc.).

En ce qui concerne l'effet des **modes d'interaction**, les résultats des études étudiées varient, intégrant généralement des systèmes différents et de plus en plus évolués (13, 4, 6). Cependant, les interactions avec le tableau de bord central à droite du siège du conducteur (généralement avec un écran affichant du texte ou des informations graphiques et nécessitant une interaction visuelle-manuelle basée sur le toucher (*écran tactile*), des barres de défilement et/ou des boutons poussoirs) semblent actuellement moins onéreuses que les interactions auditives-vocales et les interactions avec la console centrale entre le siège du conducteur et celui du passager avant (par exemple avec un bouton rotatif pour faire défiler les menus ou avec un bloc-notes) (4, 6).

**Les systèmes à commande vocale** semblent avoir l'avantage de réduire la charge visuelle, mais d'un autre côté, le temps d'interaction est souvent plus long, ce qui est préjudiciable à la sécurité. Bien qu'en principe les conducteurs puissent garder les yeux sur la route et les mains sur le volant, plusieurs études ont montré que la charge cognitive des commandes vocales peut avoir un effet négatif sur le comportement visuel. Tout dépend de la qualité du système : des systèmes robustes et intuitifs, moins complexes (peu d'erreurs de traduction ou d'interprétation des commandes vocales) et d'une durée de tâche plus courte (nombre limité d'étapes pendant l'interaction) peuvent entraîner une distraction cognitive moindre, par opposition à des systèmes plus rigides, plus sujets aux erreurs et plus longs (1, 2, 3, 4, 6, 11, 13).

Enfin, l'impact de l'utilisation des systèmes d'info-divertissement varie également beaucoup selon le véhicule (modèle, marque). De nombreuses caractéristiques et fonctions intégrées de l'IVI semblent avoir une *interface homme-machine (IHM)* encombrante avec des incohérences de conception qui peuvent entraîner une charge de travail considérablement accrue (4, 17). Les systèmes hybrides tels que CarPlay et Android Auto (dans une étude) ont obtenu de meilleurs résultats que les systèmes intégrés ; ces derniers se sont révélés plus fonctionnels mais ont néanmoins entraîné une charge de travail accrue (5).

Des études sur l'association entre l'âge des conducteurs et l'impact de l'utilisation de l'IVI au volant montrent que les nouvelles applications IVI peuvent être particulièrement lourdes pour les **conducteurs âgés**. En général, les conducteurs âgés ont besoin de plus de temps pour accomplir des tâches (temps d'interaction plus long), leurs distractions cognitives et visuelles sont plus importantes et ils font état d'une charge de travail subjective plus importante. Ils trouvent généralement les tâches de l'IVI plus complexes et plus exigeantes que les jeunes conducteurs (5, 6). D'autres caractéristiques (non démographiques) des conducteurs peuvent également avoir un effet sur l'utilisation de l'IVI, par exemple certains conducteurs ont plus de risques que d'autres de regarder le système d'info-divertissement pendant longtemps, et cette différence de temps de visionnage semble même augmenter plus on conduit longtemps avec le système d'info-divertissement. Les conducteurs qui sont moins conscients du risque d'utilisation de l'IVI se familiarisent davantage avec l'IVI et la perception du risque diminue encore, et le temps de visionnage augmente, par rapport aux conducteurs qui restent plus conscients des risques (15).

Pour conclure, les technologies IVI<sup>1</sup> récemment développées s'avèrent souvent exigeantes et difficiles à utiliser, en particulier pour les personnes âgées. Les interfaces des véhicules deviennent généralement de plus en plus complexes. Les touches et boutons traditionnels de la voiture évoluent de plus en plus vers des écrans tactiles et des commandes vocales, avec une composante électronique de plus en plus sophistiquée. Pour les conducteurs âgés, il est (généralement) encore plus important que les technologies actuelles et futures des véhicules utilisent une conception accessible et *centrée sur l'homme*. Les conducteurs âgés doivent être pris en compte lors de l'élaboration des normes de fabrication et du contrôle des critères dont l'objectif est de maintenir une attention maximale sur la route. Celle-ci peut être soutenue par des *conceptions d'interface* sophistiquées telles que, par exemple, le placement de l'écran plus près de la vue avant, l'emplacement judicieux des commandes manuelles, des commandes vocales efficaces ...) (5, 19). L'industrie automobile et les développeurs de technologies peuvent utiliser ces résultats de recherche pour identifier les plus grandes sources de charge/distraction de tâches à travers leurs produits et optimiser leurs conceptions.

Étant donné l'impact négatif global de l'utilisation du système d'info-divertissement (actuel) sur la sécurité routière, et pas seulement pour les conducteurs âgés, il semble préférable d'utiliser le moins possible ces systèmes pendant la conduite, voire de rendre certaines tâches impossibles pendant la conduite (par exemple avec les systèmes de verrouillage). En effet, les conducteurs supposent souvent (à tort) que les options IVI disponibles sont également sûres et faciles à utiliser pendant la conduite (4). Cependant, les études naturalistes, où les conducteurs ont pu déterminer leur propre utilisation du système d'info-divertissement pendant la conduite, ont montré que les conducteurs ont utilisé des stratégies de compensation pour atténuer les risques. Les conducteurs effectuaient des interactions plus longues, telles que des actions de navigation, plus souvent dans des situations stationnaires, et se décourageraient d'effectuer des tâches d'info-divertissement complexes, sujettes aux erreurs et consommatrices de temps (par exemple des systèmes vocaux rigides) en raison de la frustration qu'elles engendraient. Dans de telles situations, les risques liés à l'utilisation des tâches d'info-divertissement les plus lourdes sont, en fait, limités car, en fin de compte, elles ne sont guère utilisées ou pas utilisées du tout.

Dans ce cas, cependant, les conducteurs peuvent se rabattre sur leur smartphone pour effectuer certaines tâches - en plusieurs étapes plus simples. Ce phénomène reflète le "*paradoxe de l'utilisabilité*" (Lee & Strayer 2004) dans lequel les distractions augmentent en raison d'une plus grande facilité d'utilisation. Cela indique que les conducteurs peuvent également prendre une part active dans la gestion de leur capacité de charge de travail, déterminant activement une situation de conduite, influençant activement les situations de conduite et adaptant leur comportement de conduite à l'environnement (9, 16, 17).

---

<sup>1</sup> La technologie de l'info-divertissement évolue rapidement. Cela concerne les technologies incluses dans les études de cette étude bibliographique, la plus récente datant de 2019.

## 5 Conclusion et recommandations

Dans cette revue de la littérature, nous avons étudié l'influence du système d'info-divertissement sur la sécurité routière. La mise en évidence des effets au niveau de la distraction est importante et pertinente pour la sécurité routière, car il n'existe pas<sup>2</sup> encore en Belgique de réglementation spécifique concernant l'utilisation de l'IVI au volant, et ces systèmes sont de plus en plus courants dans les véhicules.

Aujourd'hui, grâce au système d'info-divertissement intégré, les conducteurs ont accès à un large éventail de tâches tout en conduisant. Ces tâches sont souvent complexes et mobilisent souvent de multiples fonctionnalités telles que la visibilité, des actions motrices pour actionner des touches ou des écrans tactiles, ou des commandes vocales. Les interactions avec l'IVI peuvent compromettre la sécurité si les conducteurs ne gardent pas les yeux ou leur attention fixée sur la route ou s'ils doivent effectuer des actions manuelles qui interfèrent avec la conduite du véhicule.

Sur base de cette revue de la littérature, nous formulons un certain nombre de recommandations, tant pour les utilisateurs d'IVI que pour l'industrie automobile et les développeurs de technologies.

### Recommandations pour l'industrie automobile

L'industrie automobile comprend toutes les parties qui produisent un système IVI ou qui offrent des services pouvant être utilisés avec le système IVI. Il s'agit notamment des constructeurs automobiles, des fabricants de systèmes «aftermarket», des fabricants et/ou des fournisseurs de services et d'informations qui peuvent être consultés sur le système IVI. Il est recommandé à ces professionnels de prendre en compte les recommandations fondées sur des données probantes pour concevoir des interfaces pour l'IVI *centrées sur l'homme*, sûres et accessibles, visant avant tout à distraire le moins possible l'attention du conducteur de la circulation.

Les recommandations pour l'industrie automobile issues de cette revue de la littérature sont:

- Globalement, la conception de l'interface de l'IVI doit être telle que les distractions visuelles soient minimales et que le temps nécessaire pour effectuer les tâches soit aussi court que possible. L'utilisation des fonctions IVI ne doit pas être plus distrayante que le changement classique de stations de radio. La méthode validée de l'AAAFTS peut être utile pour les évaluations (voir par exemple Cooper et al., 2019).
- L'utilisation de commandes vocales pour interagir avec l'IVI peut réduire la charge de travail objective et subjective et le temps que les gens passent à regarder l'écran par rapport à l'utilisation manuelle de l'IVI, mais seulement si les systèmes sont très robustes, intuitifs et fiables. D'autre part, les systèmes rigides et sujets aux erreurs peuvent entraîner une charge de travail considérablement accrue.
- L'utilisation de systèmes de verrouillage, c'est-à-dire lorsqu'une grande partie des fonctionnalités de l'IVI ne sont pas disponibles pendant la conduite, peut aider à éviter les distractions. Ainsi, l'utilisation de l'IVI pendant la conduite est limitée aux fonctions telles que l'autoradio et la navigation, et il n'est pas possible de téléphoner, d'envoyer et de lire des messages. Un inconvénient possible, cependant, peut être que pour certains conducteurs, il est peu attrayant que certaines fonctions ne soient pas disponibles.
- Il est important de tenir compte de l'importante différence d'impact entre les jeunes conducteurs et les conducteurs plus âgés dans le développement et la conception des interfaces IVI. Les systèmes qui sont conviviaux pour les conducteurs âgés le sont aussi pour les jeunes conducteurs, mais l'inverse n'est pas nécessairement vrai. Les critères de conception universelle pertinents pour les constructeurs automobiles sont: utilisation égalitaire; flexibilité d'utilisation; utilisation simple; information perceptible; tolérance pour l'erreur et l'accessibilité (Farage et al., 2012). Ces principes peuvent fournir un cadre pour améliorer la conception des systèmes IVI. Les conducteurs de tous âges apprécient, par exemple, la simplicité. Les conducteurs âgés semblent rencontrer plus de problèmes avec les

---

<sup>2</sup> En Belgique, les distractions au volant peuvent être sanctionnées par trois articles de loi du Code de la route. L'article 8.4 stipule qu'il est interdit de passer des appels téléphoniques au volant. Les articles 7.2 et 8.3 stipulent qu'un conducteur doit toujours être capable de conduire et que son comportement ne doit pas mettre en danger les autres usagers de la route. Ces deux derniers articles de la loi peuvent être utilisés pour punir d'autres formes de distraction, comme l'utilisation de l'info-divertissement (Slootmans & Desmet, 2019).

commandes de la console centrale (espace entre les sièges avant). Il faut donc réfléchir soigneusement à la manière dont les conducteurs peuvent être mieux assistés sans pour autant proposer des dispositifs contre intuitif qui nuisent à la sécurité de la conduite, tels que des molettes, des boutons multifonctions et des tablettes graphiques. Les commandes vocales ne réduiront les défauts potentiels des autres modes de commande que si elles sont rapides et précises, mais il faut se rappeler qu'aucune interface ne s'est jusqu'à présent révélée exempte de charges de travail. Toutes les interactions doivent être soigneusement étudiées et limitées autant que possible.

Cette revue de la littérature fait fréquemment référence aux directives (non contraignantes) de la **NHTSA (2013)** pour une conception et une évaluation sûres de l'IVI ("*Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices*"). Ces lignes directrices reprennent des recommandations pour limiter la distraction potentielle engendrée par l'utilisation de la technologie intégrée dans les véhicules :

- Aucune obstruction de la vision
- Facile à voir et à toucher
- Angle maximal d'inclinaison des écrans vers le bas
- Position latérale des écrans
- Taille minimale des informations textuelles présentées
- Systèmes de verrouillage nécessaires (lock-outs)
- Verrouillage des tâches basé sur des tests d'acceptation
- Niveau sonore
- Manipulation avec une seule main
- Interruptibilité
- Temps de réponse du dispositif
- Désactivation
- Distinction entre les tâches ou les fonctions non destinées à être utilisées pendant la conduite
- État du dispositif

La NHTSA propose également un test pour mesurer le comportement des mouvements oculaires lors de tâches secondaires au volant. Ces données peuvent ensuite être comparées aux critères d'acceptation afin de déterminer si une tâche interfère trop ou pas avec l'attention du conducteur. Si ces critères sont dépassés, il est recommandé de rendre la tâche indisponible pendant la conduite.

Les critères de la NHTSA en matière de mouvements oculaires (basés sur un test réalisé sur simulateur de conduite) sont :

- Le temps total maximum acceptable pour l'exécution d'une tâche est de 12s
- Dans 21 sujets sur 24, la durée moyenne d'une fixation individuelle doit être inférieure ou égale à 2s ET 85% des durées de fixation devraient être inférieures ou égales à 2s.

La NHTSA recommande également prévoir quatre groupes d'âge dans les procédures de test : 18-32, 33-44, 45-57 et 58+, mais étant donné les différences importantes entre les jeunes conducteurs et les conducteurs âgés, il est recommandé d'accorder une plus grande priorité aux évaluations chez les personnes âgées, car les systèmes qui sont utiles aux personnes âgées le seront également aux jeunes, mais l'inverse n'est pas toujours vrai (Cooper et al., 2019).

Nous pouvons également nous référer aux recommandations de « **Smart Mobility** ». Aux Pays-Bas, un certain nombre d'organisations (TNO, SWOV, Université de Groningue et Connecting Mobility, en coopération avec le *Dutch Integrated Testsite for Cooperative Mobility*) ont uni leurs forces sous le nom de "*the Smart Mobility Round Tables*" et ont formulé un certain nombre de recommandations concernant la conception et l'utilisation des IVIS (« *in-vehicle information systems* » ; plus larges que le système d'info-divertissement, c'est-à-dire les "*systèmes d'information embarqué sur véhicule*") avec le principe de base sous-jacent selon lequel l'utilisation des SVI ne compromet jamais la sécurité routière (Kroon et al., 2016).

Ces recommandations s'inscrivent dans un contexte plus large que la gamme d'info-divertissements présentée dans ce rapport, à savoir les applications de "*mobilité intelligente*" avec lesquelles les conducteurs reçoivent ou fournissent des informations sur les conditions de circulation pendant la conduite (par exemple, travaux routiers, objets sur la route, panneaux de signalisation, conseils de stationnement). Ils font également une distinction entre les applications de divertissement (non destinées à la circulation ou à la communication et dangereuses lorsqu'elles sont utilisées pendant la conduite, par exemple les jeux, les films et les séries) et les applications de communication (téléphonie, envoi de sms et services tels que Whatsapp). Il est généralement admis que, sous certaines conditions, l'interaction avec un service de communication pendant la conduite,



peut être acceptable, mais que l'interaction avec un service de divertissement ou d'info-divertissement ne l'est pas (Harms et al., 2017).

Néanmoins, les lignes directrices sur la mobilité intelligente s'appliquent également à certains services d'info-divertissement couverts dans ce rapport, comme la navigation.

La plupart d'entre eux ont formulé dix critères en lien avec le *facteur humain* (Kroon et al., 2016) :

1. "La charge de travail"

- *La charge de travail supplémentaire engendrée par l'utilisation du système d'information embarqué (IVIS) sur véhicule doit être aussi faible que possible.*
- *Il est préférable que les informations soient diffusées lorsque la charge de la tâche principale de conduite est faible, par exemple lorsque le conducteur conduit sur une route calme avec peu de trafic.*
- *Lorsque les conditions de circulation sont difficiles, par exemple en raison d'une infrastructure délicate, d'un trafic intense ou d'une vitesse élevée (à mesure que la vitesse augmente, les informations doivent être transmises plus rapidement car la distance parcourue en un temps donné est plus importante), les informations diffusées doivent être aussi minimales que possible et se limiter aux informations nécessaires à la tâche principale de conduite. Les informations qui ne sont pas urgentes doivent être reportées à un moment plus calme.*
- *La mise en page et la présentation des informations doivent idéalement pouvoir être personnalisées selon les souhaits du conducteur, par exemple en ce qui concerne la taille des caractères. En outre, il peut être plus pratique pour certains conducteurs d'obtenir des instructions de navigation spécifiques sur l'endroit où ils doivent tourner (par exemple : tourner au coin de la boulangerie X, au lieu de tourner sur 600 mètres).*
- *Certaines applications ou services ont un "mode de conduite" qui peut être activé avant le départ, rendant certains éléments ou services indisponibles pendant la conduite (par exemple, la réception et l'envoi de messages). Une forme plus avancée peut être un IVIS qui adapte les informations présentées en fonction de la circulation en fournissant, par exemple, des informations simplifiées aux carrefours les plus fréquentés.*

2. La présentation des informations en temps utile

- *Les informations doivent être fournies en temps utile, ni trop tôt ni trop tard. Concrètement, cela signifie que les informations devraient idéalement être fournies environ 36 secondes avant que le conducteur ne doive agir sur la base de ces informations ou 200 mètres devant le premier panneau de signalisation, afin qu'il ait suffisamment de temps pour lire également ces panneaux et traiter les informations du SVI. Le minimum absolu est de 9 secondes avant que le conducteur ne doive agir. Présenter des informations trop tôt peut être considéré comme une fausse alerte et prêter à confusion.*
- *Il est préférable que les informations qui sont en permanence utiles et importantes pour conduire, telles que la limite de vitesse, soient affichées de façon continue et à une position fixe sur l'écran.*

3. Définition des priorités en fonction du contexte et de l'urgence

- *Idéalement, les informations devraient être classées par ordre de priorité en fonction de leur importance au moment de la conduite et en fonction des urgences.*
- *Les alarmes de sécurité doivent être prioritaires par rapport aux informations non liées à la sécurité.*
- *Les alarmes de sécurité ne doivent être émises que si une action doit être entreprise par le conducteur ou si celui-ci doit être très vigilant.*

<i>Alarmes de sécurité urgentes</i>	<i>Informations non urgentes</i>
<i>a) Conducteur fantôme                      b) Lieu d'un accident                      c) Animaux ou obstacles sur la route                      d) Route glissante                      e) Barrage routier                      f) Visibilité réduite                      g) Conditions météorologiques exceptionnelles</i>	<i>a) Navigation                      b) Informations générales sur le trafic                      c) Retour d'information et conseils sur les flux de trafic (par exemple, conseils sur la vitesse à adopter pour arriver au moment où le feu est vert) ou sur les comportements de conduite économique (pour économiser le carburant).</i>

h) Travaux	d) Les stations-service (par exemple, recommander la station-service la moins chère).
------------	---

- Les informations qui nécessitent un changement de comportement doivent être privilégiées par rapport à celles qui ne le nécessitent pas.
- La conduite englobe différentes dimensions, chacune ayant un objectif différent. Par exemple, la dimension stratégique (naviguer à l'intérieur et sur le réseau des routes), les manœuvres (changer de voie, maintenir sa position dans la voie, adapter la vitesse aux conditions) et le contrôle (maintenir une vitesse constante, garder une distance avec les véhicules qui arrivent). Les informations relatives aux manœuvres et au contrôle doivent être privilégiées par rapport aux informations relative à la dimension stratégique qui sont, par exemple, liées à la navigation.

#### 4. Distraction visuelle

- La distraction visuelle liée à l'utilisation de l'IVIS doit être évitée. La présentation des informations ne doit pas entraîner des détournements du regard de la route pendant plus de 2 secondes.
- Les contenus émotionnels doivent être évités.
- L'écran ne doit pas afficher plus de 4 unités d'informations à la fois, en plus de la navigation continues. Par exemple, un avertissement pour des travaux sur la route doit comprendre un panneau de vitesse, un panneau de travaux routiers, la distance des travaux et un panneau indiquant le tracé de la route (fig. 1).



Fig. 1. Exemple de 4 unités d'information avertissant sur les travaux routiers.

- Si le conducteur le souhaite, les informations doivent pouvoir également être fournies oralement.

#### 5. Distraction auditive

- Tout comme les distractions visuelles, les distractions auditives doivent être évitées.
- Les alarmes de sécurité doivent toujours être accompagnées d'un signal sonore.
- Un son neutre est préférable, surtout dans les situations dangereuses. Il est également important qu'il n'y ait pas de confusion entre les différents sons de l'IVIS et les sons du véhicule. En outre, il convient d'éviter les sons associés aux alarmes aiguës, comme celles des sirènes des véhicules prioritaires. En outre, les alarmes ne doivent pas être trop fortes, car elles peuvent effrayer le conducteur. Des recherches ont montré que le mot "danger", prononcé à un volume de 70 dB, était plus efficace pour éviter les accidents. Pour les situations moins urgentes, la mise en garde orale à 85 dB était la plus efficace pour attirer l'attention du conducteur.

#### 6. Clarté, validité et fiabilité

- Les informations diffusées ne doivent pas être ambiguës et ne doivent pas être interprétées de manière différente.
- Les informations doivent être fiables et valables. Les fausses alarmes ou l'absence d'alarme dans une situation dangereuse doivent être évitées.
- Les informations doivent être pertinentes par rapport à la situation dans laquelle se trouve le conducteur.

#### 7. Reconnaissabilité et cohérence

- Les informations doivent être reconnaissables et cohérente avec la signalisation routière officielle en vigueur à cet endroit. Il convient d'éviter les divergences entre ce qui est proposé dans l'IVIS et les panneaux installés dans un pays ou une région. Bien qu'un conducteur étranger puisse rencontrer des signaux qu'il ne connaît pas dans son propre pays, il est préférable de les lui montrer du IVIS.

*La conversion de panneaux étrangers en panneaux que le conducteur connaît dans son propre pays entraîne généralement plus d'erreurs et de confusion.*

- *Les informations écrites et orales doivent être fournies selon le choix de la langue du conducteur.*

#### *8. Crédibilité, acceptation et conformité*

- *L'information dynamique telle que le changement de la limitation de vitesse autorisée ou la fermeture d'un tronçon doivent être accompagnées d'un motif.*
- *L'information doit être cohérente avec la situation.*

#### *9. Interaction physique*

- *L'interaction physique avec l'IVIS devrait être minimale.*
- *L'IVIS ne doit pas nécessiter d'interactions manuelles du conducteur pendant la conduite.*
- *Idéalement, le conducteur peut utiliser des commandes vocales pour fermer une application à tout moment, régler la luminosité de l'écran ou ajuster le volume.*
- *L'utilisation des touches devrait nécessiter une attention visuelle minimale.*
- *Idéalement, l'écran doit être à portée de main, à environ 10 à 20 cm.*
- *Il devrait également y avoir un bouton marche/arrêt clair à un endroit fixe.*

#### *10. Effets secondaires négatifs*

- *Un conseil ne doit jamais entraîner une augmentation de la vitesse et doit également éviter les grandes différences de vitesse avec les autres usagers de la route (pas plus de 20km/h).*
- *Les centres-villes et les zones scolaires doivent être évités si ce n'est pas la destination finale.*

*En outre, un certain nombre de critères ergonomiques ont été déterminés:*

- 1. La luminosité et le contraste du système sont réglables en fonction des conditions d'éclairage (par exemple, jour/nuit, soleil/nuage) afin que l'affichage reste parfaitement lisible. Dans l'idéal, cela se fait automatiquement. En outre, le rapport de contraste doit être compris entre 3:1 et 10:1. Le contraste peut idéalement être réglé par le conducteur à l'aide d'un bouton à portée de main.*
- 2. La taille et le type des caractères doivent être clairement lisibles pour le conducteur (en tenant compte des différentes tranches d'âge). La taille des caractères doit être déterminée par la distance entre les yeux et l'écran, avec un angle visuel minimum de 15° (optimum 24°). Le texte et les symboles ne doivent pas non plus être trop rapprochés. Les informations fournies par l'IVIS et les panneaux extérieurs doivent être dans la même police de caractères (par exemple, panneaux routiers, signalisation).*
- 3. Utilisez des mots de 10 lettres maximum et pas plus de 2 lignes de 4 à 5 mots par message, afin de pouvoir lire le message en deux fois pendant 2 secondes.*
- 4. Le volume des informations orales ne doit pas dépasser 95 dB-115 dB. Idéalement, le volume est automatiquement ajusté au bruit de fond, de sorte que le volume de l'IVIS soit 15 dB plus fort que le bruit de fond. Le volume devrait également être aisément réglable à l'aide d'un bouton facile d'accès pour le conducteur.*
- 5. Les couleurs doivent correspondre aux couleurs utilisées dans la circulation. Utiliser un code couleur redondant pour les personnes atteintes de daltonisme ainsi que des combinaisons de couleurs qui leur sont visibles. Support des couleurs avec des informations supplémentaires telles que la forme, la position, le format, le texte, le son. Par exemple, la lumière rouge est toujours en haut. En outre, une couleur rouge-orange peut être utilisée à la place du rouge et une teinte bleu-vert à la place du vert, afin que la différence soit plus nette pour les personnes atteintes de daltonisme. De plus, certaines personnes daltoniennes ne peuvent pas voir les objets rouges sur un fond noir. Utilisez plutôt des objets rouge-orange.*
- 6. Éviter autant que possible l'utilisation d'abréviations. Les exceptions sont les km/h, m et min.*

Enfin, outre les recommandations relatives à la conception et à l'interface, il est recommandé que l'industrie automobile et les fournisseurs de systèmes IVI travaillent sur des manuels clairs et des démonstrations (en ligne) ou des cours de formation sur l'utilisation et les risques éventuels de systèmes IVI spécifiques.

### Recommandations pour les utilisateurs d'info-divertissement

- Les conducteurs doivent se familiariser suffisamment avec leur système d'info-divertissement avant de l'utiliser au volant. L'idéal est de pouvoir suivre une formation si celle-ci est disponible.
- Les conducteurs peuvent être sensibilisés aux dangers de la distraction en général et de celle occasionnée par l'IVI en particulier grâce à une campagne de sensibilisation générale et à l'information transmise par les fournisseurs d'IVI. Aux Pays-Bas, par exemple, la campagne Mono (<https://www.daarkunjemeethuiskomen.nl/rijmono>) encourage la conduite sans distraction. L'idée n'est pas que les gens ne devraient pas être autorisés à utiliser leur IVI du tout - la navigation ou l'écoute de la radio peuvent se faire en toute sécurité. Le fait est que les conducteurs ne doivent pas être tentés d'utiliser les médias sociaux ou d'envoyer des messages en cours de route. Des solutions pratiques peuvent également être proposées à cet effet. Par exemple, il existe des fonctions ou des applications "ne pas déranger" pour le smartphone qui empêchent le conducteur de recevoir des appels et des messages pendant la conduite. Il est également conseillé aux conducteurs de configurer leur système de navigation à l'avance. Les conducteurs doivent également être conscients du fait que l'utilisation de l'IVI est potentiellement très dangereuse, même si elle est intégrée au véhicule. En outre, on peut souligner que l'utilisation des fonctions IVI pendant la conduite devraient être limitées aux tâches liées à la conduite, telles que la navigation.

Ici aussi, on peut se référer aux recommandations de mobilité intelligente pour les utilisateurs (Harms et al., 2017) :

- *"Empêcher la saisie de texte sur l'IVI pendant les déplacements dans la circulation.*

*Dans l'idéal, un changement de quart en cours de conduite ne nécessite aucune saisie manuelle ou vocale. Saisir un texte en roulant (messages, numéro de téléphone ou adresse par exemple) est l'une des sources de distraction les plus dangereuses. C'est plus risqué que d'appeler en conduisant ou en faisant du vélo par exemple (Brookhuis, De Vries, & De Waard, 1991 ; Pilgerstorfer, & Boets, 2017 ; Gauld, Lewis, & White, 2014 ; Stavrinou et al., 2013). Saisir un texte en conduisant dans la circulation exige beaucoup d'efforts mentaux et cela détourne trop longtemps l'attention de la circulation. Il est également plus risqué de taper un texte sur un écran tactile que sur un clavier avec des touches physiques (Orphanides, & Nam, 2017). La saisie de texte ne peut se faire en toute sécurité que lorsqu'on est à l'arrêt et qu'on est sorti de la circulation, par exemple lorsque la voiture est garée. La saisie de texte pendant que le conducteur attend devant un feu de circulation n'est pas souhaitable car le conducteur ne peut pas choisir le moment de la reprise de la circulation. Celle-ci reprend lorsque le feu de circulation passe au vert. Il y a donc un risque que le conducteur soit toujours occupé par la tâche secondaire, alors qu'il devrait reprendre la tâche principale de la conduite. La commande vocale ne peut être utilisée comme alternative à la saisie de texte que si aucune vérification visuelle susceptible de détourner l'attention n'est nécessaire (Orphanides, & Nam, 2017). À ce jour, cependant, il existe encore de nombreuses différences dans la qualité des systèmes de commande vocale, ce qui fait que la commande vocale n'est pas toujours une alternative sûre. Notons que la saisie d'un choix discret, telle que la pression d'un bouton "accord", n'est pas considérée comme une "saisie de texte". C'est moins risqué que de saisir un texte, à condition qu'il ne dépasse pas 1,6 à 2 secondes.*

- *Évitez la tentation de consulter les services liés à la circulation.*

*Le principal risque est que lorsqu'un conducteur consulte des informations pertinentes, il voit également la ou les notifications d'informations non pertinentes. Il est généralement difficile de supprimer la tendance à considérer également ces informations non pertinentes. De plus, la visualisation d'informations non pertinentes nécessite généralement des actions qui détournent l'attention de la tâche principale de la conduite. Il est donc important que le système affiche des informations complémentaires pertinentes directement au conducteur et que les informations non pertinentes restent cachées pendant la conduite, même après avoir appuyé sur un bouton. Les conducteurs doivent être aidés dans cette tâche. Se contenter de recevoir des notifications sans réagir est une distraction (Stothart, Mitchum, & Yehnert, 2015). En particulier, les informations qui retiennent l'attention pendant longtemps et absorbent la majeure partie ou la totalité de l'attention, comme les*

*vidéos, les jeux et les longs messages, devraient être inaccessibles pendant la conduite. En fin de compte, la règle reste au plus longtemps le regard quitte la route, au plus le risque d'accident est élevé (Oviedo-Trespalacios, Haque, King, & Washington, 2016).*

- *Gardez les yeux sur la route autant que possible : limitez l'information à ce qui peut être perçu d'un seul coup d'œil.*

*La lecture de longs textes est une des distractions les plus dangereuses engendrées par l'utilisation des équipements en conduisant. Il est possible de conduire en étant mentalement distrait de façon modérée tant que le conducteur garde les yeux sur la route et les mains sur le volant. La conduite est largement basée sur des automatismes, de sorte qu'une quantité modérée de distraction peut généralement être absorbée. La distraction mentale devient un problème s'il faut faire beaucoup d'efforts pour comprendre les informations émises par le système d'info-divertissement, changer un paramètre ou améliorer la visibilité d'un itinéraire. Afin de réduire l'effort mental et de pouvoir garder l'œil sur la route autant que possible, il est important que les informations puissent être observées d'un seul coup d'œil. C'est également pour cette raison qu'il est important, comme mentionné au point précédent, d'omettre toutes les informations inutiles qui ne sont pas liées à la tâche principale de la conduite.*

*En plus du mode visuel, l'information peut également être transmise par d'autres moyens. Une alternative, par exemple, consiste à utiliser des commandes vocales. L'inconvénient des commandes vocales est qu'elles ne sont pas toujours claires, alors que les informations visuelles sont généralement plus précises et plus faciles à comprendre. Il est également possible d'utiliser du retour d'information haptique (des vibrations par exemple). Des recherches complémentaires sont nécessaires pour trouver des moyens appropriés (interfaces) de transférer les informations en toute sécurité.*

- *Gardez vos mains sur le volant du véhicule autant que possible: réduisez au minimum l'utilisation manuelle de l'appareil.*

*La conduite avec les deux mains sur le volant est la plus sûre et la plus stable. Lorsqu'on conduit avec une main et qu'on effectue une tâche secondaire avec l'autre, des difficultés peuvent survenir pour maintenir la voiture sur sa trajectoire, surtout si le regard n'est plus fixé sur la route. Le plus sûr est de faire fonctionner manuellement les systèmes d'info-divertissement le moins possible pendant la conduite. Lorsqu'il s'agit de saisir manuellement des informations, il y a une différence entre saisir des textes ou prendre une décision discrète telle que "oui" ou "non". Par exemple, en comparaison avec l'utilisation d'une commande vocale, l'utilisation d'un écran tactile pour saisir du texte tout en conduisant implique de quitter la route des yeux pendant une période plus longue, durant laquelle le seuil maximum de 2 secondes est dépassé (Orphanides, & Nam, 2017). Une forme plus sûre d'interaction manuelle, à condition que la situation de la circulation le permette, est celle où il suffit d'entrer une décision discrète comme "oui" ou "non" et où le regard quitte la route durant moins de 2 secondes. L'inconvénient dans ce cas est que le moment où le système demande une telle interaction n'est souvent pas adapté à la quantité d'attention requise par le trafic à ce moment. Par conséquent, l'utilisation d'une commande vocale efficace ou de toute autre solution ergonomiquement adéquate pour des décisions discrètes reste plus sûre que l'interaction manuelle.*

- *Appliquer la norme sociale.*

*Lorsqu'on utilise des systèmes d'info-divertissement, le risque de distraction est élevé, même si le conducteur n'a pas l'intention d'être distrait. L'un des moyens de réduire ce risque est de renforcer la norme sociale. Grâce à la norme sociale, nous comprenons le comportement que les gens de notre environnement attendent et acceptent de nous et nous avons une attente de ce que les autres doivent faire dans une situation déterminée. Lorsque la norme sociale est que la distraction au volant est indésirable, elle affecte l'intention des conducteurs de se comporter de manière sûre dans la circulation. En soulignant ce qui est socialement acceptable, les gens parlent aussi plus rapidement aux autres des comportements indésirables. Une norme sociale concernant la distraction dans la circulation est un élément important pour traiter de manière responsable les systèmes d'info-divertissement au volant. Plusieurs études montrent que les 18 à 30 ans sont actuellement le groupe d'âge dans lequel les distractions sont les plus fréquentes (Vollrath, Huemer, Teller, Likhacheva, & Fricke, 2016 ; Lennon, Oviedo-Trespalacios, & Matthews, 2017). Il est donc important de créer une norme sociale claire, en particulier pour les conducteurs dans cette tranche d'âge.*

- *Les systèmes d'info-divertissement doivent apporter une valeur ajoutée.*

*Les conducteurs doivent être critiques à l'égard des systèmes d'info-divertissement et n'utiliser que les services qui ajoutent quelque chose aux informations sur la circulation dont ils disposent déjà (comme le long, au-dessus ou sur la route). Cette valeur ajoutée peut, par exemple, consister à fournir des informations plus opportunes, à attirer l'attention sur des informations urgentes, à lever l'incertitude, à offrir des perspectives d'action ou à fournir un retour d'information sur son propre comportement dans la circulation. Cela permet au conducteur de mieux s'adapter aux conditions de circulation actuelles. L'affichage clair des limites de vitesse, par exemple, peut être une valeur ajoutée pour les automobilistes (en éliminant l'incertitude). ”*

### **Recherches complémentaires**

Les pistes pour une recherche plus approfondie basée sur cette revue de la littérature sont :

- Des données belges :
  - Mesure de la disponibilité et de l'utilisation de l'info-divertissement dans les voitures, et différences sociodémographiques (âge, sexe...) dans l'utilisation de l'IVI.
  - Impact de l'utilisation de l'info-divertissement sur différents groupes de conducteurs (y compris les conducteurs âgés).
- Evaluer les effets et l'acceptation des systèmes de verrouillage tels que ceux qui désactivent certaines fonctions du système d'info-divertissement lorsque le véhicule est en mouvement. Plusieurs modes de verrouillage peuvent être évalués.
- Réaliser des études naturalistes à plus long terme (plusieurs mois) pour évaluer l'évolution et les risques de l'utilisation de l'IVI au fil du temps, y compris le rôle de l'autorégulation et des mécanismes de compensation.
- Impact des Head-up-displays (HUD) ou des systèmes où les informations normalement lues sur un appareil sont projetées directement dans le champ de vision. Bien que les HUD puissent également être des info-divertissements, car certains systèmes IVI les utilisent déjà, cette technologie n'a pas été incluse car son utilisation n'est pas encore très répandue et, en termes de fonctionnalités, elle est trop éloignée des formes d'IVI les plus courantes aujourd'hui.
- Comme mentionné précédemment, les études sur la conception et le design des IVI (prototypes) n'ont pas été incluses dans la présente revue de la littérature, car l'accent a été mis sur la distraction engendrée par les IVI disponibles. Néanmoins, la recherche sur la conception et le design des IVI est fortement recommandée, principalement pour l'industrie automobile et les fournisseurs d'IVI eux-mêmes (voir les recommandations pour l'industrie automobile) mais aussi pour d'autres groupes de recherche. En effet, au stade de la conception, il convient déjà de tenir compte des facteurs de distraction, ce qui permet de développer des systèmes plus conviviaux et moins distrayants pour la conduite ou pour lesquels certaines fonctions ne sont pas disponibles pendant la conduite. Les résultats de cette revue de la littérature peuvent également servir de point de départ pour des recherches complémentaires dans ce domaine, par exemple en déterminant dans quelle mesure les fabricants et les concepteurs d'IVI sont conscients du potentiel de distraction de leurs produits et dans quelle mesure ils en tiennent compte.

## Références

- Brookhuis, K.A., De Vries, G., & De Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 23(4), 309-316.
- Caird, J.K., Johnston, K.A., Willness, C.R., Asbridge, M. & Steel, P. (2014). A meta-analysis of the effects of texting on driving. *Accident Analysis & Prevention*, 71, 311-318.
- Convenant "Veilig gebruik smartfuncties in het verkeer", September 2017. Geraadpleegd op: <https://verkeersveiligheidscoalitie.nl/wp-content/uploads/2018/09/Convenant-Veilig-gebruik-smartfuncties-in-het-verkeer-DEF.pdf>
- Cooper, J.M., Ingebretsen, H. & Strayer, D.L. (2014). Mental Workload of Common Voice-Based Vehicle Interactions across Six Different Vehicle Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2014, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Cooper, J.M., Wheatley, C.L., McCarty, M.M., Motzkus, C.J., Lopes, C.L., Erickson, G.G., Baucom, B.R.W. & Strayer, D.L. (2019). Age-Related Differences in the Cognitive, Visual and Temporal Demands of In-Vehicle Information Systems. University of Utah. ©2019, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Department for Transportation. (2019). Reported Road Casualties Great Britain: 2018, Table RAS50001. Geraadpleegd op 11 augustus 2020: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/ras50-contributory-factors>
- Dingus, T.A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., & Hankey, J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201513271.
- Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., Knippling, R.R. (2006). The 100-car naturalistic driving study: phase II - Results of the 100-car field experiment. Washington, DC: DOT HS 810 593.
- Engström, J., Victor, T., & Markkula, G. (2013). Attention selection and multitasking in everyday driving: A conceptual model. In M. A. Regan, J. D. Lee, & T. W. Victor (Eds.), *Driver distraction and inattention. Advances in research and countermeasures*. Farnham, UK: Ashgate.
- ERSO. (2018). Driver Distraction 2018. Geraadpleegd op 11 augustus 2020: [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-driverdistraction.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-driverdistraction.pdf)
- Farage, M.A., Miller, K.W., Ajayi, F., & Hutchins, D. (2012). Design principles to accommodate older adults. *Global Journal of Health Science*, 4(2), 2.
- Gauld, C. S., Lewis, I., & White, K. M. (2014). Concealing their communication: Exploring psychosocial predictors of young drivers' intentions and engagement in concealed texting. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 285–293. doi:10.1016/j.aap.2013.10.016
- Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J.F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. *Human Factors*.
- Harms, I.M., Dicke, M., Rypkema, J.A., & Brookhuis, K.A. (2017). Verkeersveilig gebruik van smart devices én Smart Mobility: Toegang tot Smart Mobility-diensten met aandacht voor het verkeer. Utrecht, Nederland: Smart Mobility Community for Standards and Practices, thema Human Behaviour. Geraadpleegd op: [https://verkeersveiligheidscoalitie.nl/wp-content/uploads/2018/09/CommunitySP-HB\\_2017\\_Position-paper-Verkeersveilig-gebruik-van-Smart-Mob....pdf](https://verkeersveiligheidscoalitie.nl/wp-content/uploads/2018/09/CommunitySP-HB_2017_Position-paper-Verkeersveilig-gebruik-van-Smart-Mob....pdf)
- Jung, T., Kaß, C., Zapf, D., & Hecht, H. (2018). Effectiveness and user acceptance of infotainment-lockouts: A driving simulator study. *Transportation Research Part F*, 60, 643–656.
- Kidd, D.G., Dobres, J., Reagan, I., Mehler, B., & Reimer, B. (2017). Considering Visual-manual tasks Performed During Highway Driving in the Context of Two Different sets of Guidelines for Embedded in-vehicle Electronic Systems. *Transportation Research part F*, 47, 23-33.

- Kim, H., Kwon, S., Heo, J., Lee, H., & Chung, M.K. (2014). The Effect of Touch-key Size on the Usability of In-vehicle Information Systems and Driving Safety During Simulated Driving. *Applied Ergonomics*, 45, 379-388.
- Kim, H., & Song, H. (2014). Evaluation of the safety and usability of touch gestures in operating in-vehicle information systems with visual occlusion. *Applied Ergonomics*, 45, 789-798.
- Kroon, E.C.M., Martens, M.H., Brookhuis, K.A., Hagenzieker, M.P., Alferdinck, J.W.A.M., Harms, I.M., and Hof, T. (2016). *Human Factor Guidelines for the Design of Safe in-Car Traffic Information Services*, 2nd edition. Utrecht, The Netherlands: Dutch Round Tables for Smart Mobility.
- Larsson, P., & Niemand, M. (2015). Using Sound to Reduce Visual Distraction from In-vehicle Human–Machine Interfaces. *Traffic Injury Prevention*, 16, 25–30.
- Lee, J.D., Roberts, S.C., Hoffman, J.D., & Angell, L.S. (2012). Scrolling and Driving: How an MP3 Player and Its Aftermarket Controller Affect Driving Performance and Visual Behavior. *Human Factors*, 54, 250-263.
- Lee, J.D. & Strayer, D.L. (2004). Preface to the special section on driver distraction. *Human Factors*, 46(4), 583-586.
- Lennon, A., Oviedo-Trespalacios, O. & Matthews, S. (2017). Pedestrian self-reported use of Smart phones: positive attitudes and high exposure influence intentions to cross the road while distracted. *Accident Analysis and Prevention*, 98, 338-347.
- Meesmann, U., Boets, S. & Tant, M. (2009). MP3 players and traffic safety "State of the Art". BIVV, Belgian Road Safety Institute, Brussels. Geraadpleegd op: <https://www.vias.be/publications/MP3%20players%20and%20traffic%20safety%20State%20of%20the%20art/MP3%20players%20and%20traffic%20safety%20State%20of%20the%20art.pdf>
- Mehler, B., Kidd, D., Reimer, B., Reagan, I., Dobres, J., & McCartt A. (2015). Multi-modal Assessment of On-road Demand of Voice and Manual Phone Calling and Voice Navigation Entry Across Two Embedded Vehicle Systems. *Ergonomics*, 59, 344-367.
- Mitsopoulos-Rubens, E., Trotter, M.J., & Lenné, M.G. (2011). Effects on driving performance of interacting with an in-vehicle music player: A comparison of three interface layout concepts for information presentation. *Applied Ergonomics*, 42, 583-591.
- National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA. (2013). Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation (DOT). Geraadpleegd op: [file:///C:/Users/Sofie/Downloads/distracted\\_guidelines-FR\\_04232013%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Sofie/Downloads/distracted_guidelines-FR_04232013%20(1).pdf)
- Orphanides, A.K., & Nam, C.S. (2017). Touchscreen interfaces in context: a systematic review of research into touchscreens across settings, population and implementation. *Applied Ergonomics*, 61, 116-143.
- Oviedo-Trespalacios, O., Haque, M.M., King, M., and Washington, S. (2016). Understanding the impacts of mobile phone distraction on driving performance: a systematic review. *Transportation Research Part C*, 72, 360-380.
- Peng, Y., & Boyle, L.N. (2015). Driver's adaptive glance behavior to in-vehicle information systems. *Accident Analysis and Prevention*, 85, 93–101.
- Perez, M.A. (2012). Safety implications of infotainment system use in naturalistic driving. *Work*, 41, 4200-4204.
- Perez, M.A., Angell, L.S., & Hankey, J.M. (2015). Assessment of Naturalistic Use Patterns of Advanced Infotainment Systems. *Human Factors*, 57, 674– 688.
- Pilgerstorfer, M., & Boets, S. (2017). The impact of distraction on driving behaviour in urban traffic. Results of a simulator-based study. *Sicher Leben. Band #7*. Vienna: KFV (Kuratorium für Verkehrssicherheit).
- Platten, F., Milicic, N., Schwalm, M., & Krems, J. (2013). Using an infotainment system while driving – A continuous analysis of behavior adaptations. *Transportation Research Part F*, 21, 103–112.
- Reimer, B. & Mehler, B. (2013). The effects of a production level "voice-command" interface on driver behavior: summary findings on reported workload, physiology, visual attention, and driving performance. MIT AgeLab White Paper No. 2013-18A. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.



- Regan, M.A., Hallett, C. & Gordon, C.P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1771–1781.
- Regan, M.A. & Strayer, D.L. (2014). Towards an understanding of driver inattention: taxonomy and theory. *Annals of Advances in Automotive Medicine*, 58, 5-13.
- Slotmans, F. & Desmet, C. (2019). Themadossier Verkeersveiligheid nr. 5. Afleiding, Brussel, België: Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid. Geraadpleegd op: [https://www.vias.be/publications/Themadossier%20verkeersveiligheid%20n%C2%B05%20-%20Afleiding%20in%20het%20verkeer%20\(2018\)/Themadossier\\_Verkeersveiligheid\\_nr5\\_-\\_Afleiding.pdf](https://www.vias.be/publications/Themadossier%20verkeersveiligheid%20n%C2%B05%20-%20Afleiding%20in%20het%20verkeer%20(2018)/Themadossier_Verkeersveiligheid_nr5_-_Afleiding.pdf)
- Stavrinos, D., Jones, J.L., Garner, A.A., Griffin, R., Franklin, C.A., Ball, D., Fine, P.R. (2013). Impact of distracted driving on safety and traffic flow. *Accident Analysis & Prevention*, 61, 63–70. doi:10.1016/j.aap.2013.02.003
- Stothart, C., Mitchum, A., & Yehnert, C. (2015). The Attentional Cost of Receiving a Cell Phone Notification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(4), 893-897.
- Strayer, D.L., Cooper, J.M., Goethe, R.M., McCarty, M.M., Getty, D. & Biondi, F. (2017) Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems. ©2017, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Strayer, D.L., Cooper, J.M., McCarty, M.M., Getty, D.J., Wheatley, C.L., Motzkus, C.J., Mackenzie, K.L., Loveless, S.M., Esplin, J., Goethe, R.M. & Biondi, F. (2018) Visual and Cognitive Demands of Using Apple’s CarPlay, Google’s Android Auto and Five Different OEM Infotainment Systems. University of Utah ©2018, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Strayer, D.L., Cooper, J.L., Turrill, J., Coleman, J.R. & Hopman, R.J. (2015) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile III: A Comparison of Ten 2015 In-Vehicle Information Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2015, AAA Foundation for Traffic Safety
- Strayer, D.L., Turrill, J., Coleman, J.R., Ortiz, E.V. & Cooper, J.M. (2014) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile II: Assessing In-Vehicle Voice-Based Interactive Technologies. AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC 20005
- Strayer, D.L., Watson, J.M., & Drews, F.A. (2011). Cognitive distraction while multitasking in the automobile. In B. Ross (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (Vol 54) (pp. 29-58). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Tardieu, J., Misdariis, N., Langlois, S., Gaillard, P., & Lemerrier, C. (2015). Sonification of in-vehicle interface reduces gaze movements under dual-task condition. *Applied Ergonomics*, 50, 41-49.
- Technopedia (2019) In-vehicle-infotainment – IVI. Geraadpleegd op: <https://www.techopedia.com/definition/27778/in-vehicle-infotainment-ivi>
- Vollrath, M., Huemer, A. K., Teller, C., Likhacheva, A., & Fricke, J. (2016). Do German Drivers Use Their Smartphones Safely?-Not Really! *Accident Analysis and Prevention*, 96, 29–38.
- Webopedia (2019) In-vehicle-infotainment – IVI. Geraadpleegd op: <https://www.webopedia.com/TERM/I/in-vehicle-infotainment-ivi.html>
- Wikipedia (2019). List of car audio manufacturers and brands. Geraadpleegd op [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_car\\_audio\\_manufacturers\\_and\\_brands](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_car_audio_manufacturers_and_brands) (18/12/2019)
- Ziakopoulos, A., Theofilatos, A., Papadimitriou, E. & Yannis, G. (2019). A meta-analysis of the impacts of operating in-vehicle information systems on road safety, IATSS Research.

# Annexes

Annexe 1: Tableau des résultats bruts (Anglais)

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety + positive - negative 0 neutral NA not applicable
(1) Strayer, D.L., Turrill, J., Coleman, J.R., Ortiz, E.V. & Cooper, J.M. (2014) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile II: Assessing In-Vehicle Voice-Based Interactive Technologies. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2014, AAA Foundation for Traffic Safety	3x9 within-subject design: 3 conditions x 9 tasks (8 IVI + 1 control) (counter-balanced):  1) <b>Baseline</b> (only tasks)  2) Combined with <b>simulator</b> driving (multilane freeway, car following (2s), aperiodic brakes)  3) Combined with <b>on-road driving</b> (ND)	Multivariate and meta-analytic analyses (Repeated measures ANOVA; linear mixed models, MANOVA) that integrate the different dependent measures across the three conditions to provide an overall standardized cognitive distraction metric (1-5) with the single task on the low end and Ospan task on the high end for each of the voice-based interactive technologies  The scale (1 - single task to 5 - Ospan high mental load) allows comparison of workload levels for other secondary tasks (benchmark for cognitive workload)	Three conditions: 1)N45 2)N41 3)N40  (age 18-40, males/females)	<b>8 voice-based IVI tasks (+ control no IVI)</b>  - simple car commands, - listen to e-mail/sms (natural voice) - listen to e-mail/sms (synthetic voice), - listen and compose replies to e-mail/sms (natural voice), - listen and compose replies to e-mail/sms (synthetic voice), - interact with auditory menu-based system (high reliability) ( <i>find a POI, listen to a review, make reservation</i> ) - interact with a menu-based system (low reliability), - use "hands-free" Siri to listen to and send text messages, update Facebook or Twitter status, and modify and review calendar appointments.	<b>Cognitive distraction:</b>  indices of mental workload in the 3 conditions:  - Simulator <b>driving</b> (exp 2): brake RT, following distance - ND (exp 3): <b>eye glances</b> to critical locations/hazards - <b>DRT – Detection Response Task</b> (peripheral head-mounted light detection) (ISO, 2012): RT, accuracy - Subjective <b>workload:</b> NASA TLX (Hart & Staveland, 1988): 6 scales - <b>Psychophysiological:</b> electro-encephalographic (EEG): ERP-P300 Peak latency and electrocardiographic (ECG) activity: BPM  <b>Subjective</b> evaluation of tasks: usability, intuitiveness, complexity	The patterns observed in the three experiments are consistent: systematic increase in cognitive workload as participants performed different in-vehicle activities. The data suggest that <b>voice-based interactions in the vehicle may have unintended consequences that adversely affect traffic safety.</b>  - Simple car commands ranks close to listening to an audio-book. - Menu-based interactions: <b>when even the high reliability scenario is associated with a relatively high level of workload, it suggests that the menu-based approach should be used with caution. Based on the limits of working memory capacity, the number of items in any given menu shouldn't exceed four or five, and great care should be given to considerations of the usability of the system and the reliability of speech recognition,</b> as workload increased systematically with	-  Average effect size estimates cognitive workload (overall) compared to single task (scale 1 single task to 5 Ospan):  - <b>Car commands: 1.88</b> - <b>Listening to e-mail: 2.18 (natural vs synthetic voice: p=ns)</b> - <b>Compose messages: 3.08</b> - <b>Menu-based navigation: (high reliability): 2.83 (low reliability): 3.67</b> - <b>Siri-interactions: 4.15</b>  With increasing cognitive workload : - systematic decrease in scanning left/right for hazards (ND) ** - increase in brake RT (sim)** - increase in following distance (sim) * - increase DRT RT ** - decrease DRT Acc ** - systematic increase in NASA mental **, physical workload **, temporal demand **, performance **, effort **, frustration **

						declines in subjective ratings of usability. - Siri with the highest workload also had the lowest rating of intuitiveness and the highest rating of complexity (complex interaction, inconsistencies)		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(2) Cooper, J.M., Ingebretsen, H. & Strayer, D.L. (2014) Mental Workload of Common Voice-Based Vehicle Interactions across Six Different Vehicle Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2014, AAA Foundation for Traffic Safety	Evaluation of cognitive demands while <b>on-road driving</b> of simple auditory/vocal vehicle interactions using five 2013 and one 2012 model year OEM <sup>3</sup> voice-based systems (within-subject design; counterbalanced)  During 8 conditions (6 OEM systems, <b>single-task - no IVI</b> (low workload), and OSPAN (complex memory and math task; high workload) (counterbalanced) measures of cognitive workload were derived from reaction time, psychophysiological, and subjective workload metrics.	One-way repeated measures ANOVA to test for differences among the 8 experimental conditions, pairwise comparisons Nonparametric data were assessed using a Friedman Chi Square test.  Transformation of dependent measures into a standardized scale of cognitive distraction (1-5), allowing comparison of workload levels for different types of distractions and systems (benchmark) (Z-transformed, weighed, and summed to aggregate distraction matrix)	N36 (age 22-36, males/females)	<b>8 voice-based IVI tasks (5 model systems, + control no IVI):</b>  - music tuning and - phone dialling tasks using a bluetooth hands-free voice system that was activated with the touch of a button on the steering wheel  - dial a 10-digit number, - call a contact from the contact list, - change the radio station, or - play a song from a pre-inserted CD.  OEM systems: - Ford: MyFord Touch, -Chevrolet: MyLink, -Chrysler: Uconnect, -Toyota: Entune, -Mercedes COMAND, -Hyundai Blue Link.	<b>Cognitive distraction</b>  - DRT - <b>Detection Response Task</b> (ISO, 2012): RT, accuracy - Subjective <b>workload</b> NASA TLX (Hart & Staveland, 1988): 6 scales mean - <b>Psychophysiological</b> : ECG: BPM  -5 additional <b>task factors</b> : Completion Time, Task Errors, System Dialogue Steps, <b>Subjective</b> Evaluations, Vehicle Workload.	<b>Striking differences in the cognitive demand incurred through voice interactions with different OEM voice-based systems.</b>  <b>One of the most critical elements of workload appeared to be the duration of the interaction</b> (driven by system verbosity, number of steps to execute an action, number of system / comprehension errors).  Toyota's Entune system required the least amount of time-on-task while Chevrolet's MyLink required the most.	-	Distraction scale (1 single task to 5 Ospan): - Toyota:1.7 (sign higher than single task) - Hyundai: 2.2 (sign higher than Toyota) - Chrysler: 2.7 - Ford: 3.0 - Mercedes: 3.1 - Chevy: 3.7  -Mean heart rate: main effect of condition***: lowest in Toyota *, and highest in Chevrolet * (idem OSPAN), all other systems statistically undifferentiated -Mean NASA: main condition effect****: single task (4) < Toyota, Hyundai (6) < Chrysler (7), Ford (7), Mercedes (8) < Chevrolet (9) << OSPAN (14) - DRT mean RT: main condition effect****: all systems significantly

<sup>3</sup> original equipment manufacturers

								<p>slower than single task and faster than OSPAN, except Ford significantly slower than all other (idem OSPAN)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Task completion: main condition effect**** ( call placement/music selection: Toyota20s/22s vs. Chevrolet: 29/43s)</li> <li>- Task errors: condition difference*** (same order workload), task difference*** (more errors in music selection)</li> <li>- System dialogue steps: p=ns</li> <li>- Subjective evaluation (favourite): cfr workload order, except Mercedes lowest</li> <li>- Vehicle controls workload: p=ns</li> </ul>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
<p>(3) Strayer, D.L., Cooper, J.L., Turrill, J., Coleman, J.R. &amp; Hopman, R.J. (2015) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile III: A Comparison of Ten 2015 In-Vehicle Information Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2015, AAA</p>	<p>3 (Age) x 10 (Vehicle) X 3 (Condition) x 2 (Session) Split-Plot Factorial design with 6 tasks: <b>on-road driving pre/post practice</b> (5 days)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Age (3): 21-34, 35-53, 54-70</li> <li>- Vehicle: between-subjects factor (10 2015 model year vehicles)</li> <li>- Condition: 3-level within-subjects factor (<b>single-task no IVI</b>, IVI, and OSPAN) (4-level</li> </ul>	<p>MANOVA (DRT) ANOVA (age x vehicle x condition x session x ... ) ANCOVA (keeping single task performance constant)</p> <p>Average of z-transformed data, weighed and summed into a distraction matrix on a standardized scale to benchmark different IVI systems (changed calculation: only when “on” the IVI)</p>	<p>N257 (age 21-70, males/females)</p>	<p><b>6 voice-based IVI tasks (10 model systems, + control no IVI):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 (3) number dialling tasks,</li> <li>- 2 (3) contact calling tasks,</li> <li>- 4 radio tuning tasks</li> </ul> <p>10 2015 model year vehicles/systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buick LaCrosse: IntelliLink,</li> <li>- Chevy Equinox: MyLink,</li> <li>- Chevy Malibu: MyLink,</li> <li>- Chrysler 200c: Uconnect,</li> <li>- Ford Taurus: Sync MyFord Touch,</li> <li>- Hyundai Sonata: Blue Link,</li> <li>- Mazda 6: Connect,</li> </ul>	<p><b>Cognitive workload:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRT: <b>Detection Response Task:</b> RT, Hit rate, MANOVA (both), residual costs (off-task performance)</li> <li>- subjective <b>workload</b> NASA TLX: 6 scales</li> <li>- <b>Subjective:</b> Intuitiveness and Complexity (21-point scale)</li> <li>- Video analysis: <b>Task Completion Time</b> (task mean), <b>Glance Location</b> (% to 3 drive relevant areas), <b>Practice Frequency</b> (number of voice interactions during 5 days practice)</li> </ul>	<p><b>The cognitive workload during IVI interaction was found to be moderate to high, averaging 3.34 on a 5-point scale and ranged from 2.37 to 4.57 (associated with system intuitiveness and complexity and interaction completion time).</b></p> <p><b>There were significant differences among the IVI systems:</b> Chevy Equinox had the lowest rating on the cognitive workload scale and Mazda 6 system had the highest rating. The cognitive workload ratings</p>	<p>-</p> <p>Distraction matrix (1 single task to 5 Ospan):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chevy Equinox 2.37 (sign more than single task)</li> <li>- Buick Lacrosse 2.43 (sign)</li> <li>- Toyota 4Runner 2.86</li> <li>- Ford Taurus 3.09 (sign)</li> <li>- Chevy Malibu 3.39</li> <li>- VW Passat 3.46</li> <li>- Nissan Altima 3.71</li> <li>- Hyundai Sonata 3.77</li> <li>- Chrysler 200c 3.77 (sign)</li> <li>- Mazda 6 4.57 (sign lower than Ospan)</li> </ul>	

<p>Foundation for Traffic Safety.</p>	<p>for DRT: on- and off-IVI task)  - Session: within-subjects factor (1-pre practice first day, 2-post-5d practice)</p> <p>Conditions counterbalanced in each session</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nissan Altima: NissanConnect,</li> <li>- Toyota 4Runner: Entune,</li> <li>- Volkswagen Passat: Car-Net</li> </ul>		<p>are associated with the IVI and not the operation of the vehicle. <b>Robust, intuitive systems with lower levels of complexity and shorter task durations tend to have lower cognitive workload than more rigid, error-prone, time-consuming ones. The workload experienced on IVI tasks by older drivers was significantly greater than that experienced by younger drivers (doubled difference compared to single task). Practice did not eliminate the interference from IVI interactions. There were long-lasting residual costs after the IVI interactions had terminated (DRT RT after IVI task: up to 27s to reach baseline single task level)</b></p>	<p>Main effects and interactions (IA):  - DRT MANOVA, RT and Hit rate: age***, condition***, session***; IA: condition x age*** (costs of IVI interactions greater for older adults than for younger adults: ST age-difference 18.2%; IVI age-difference 29.7%); x vehicle** (significant differences according to vehicle model), x session*** (effects of practice bigger in IVI task than in single-task)  NASA: vehicle*, condition***, session***; IA: condition x age***, x vehicle***, x session***; session x vehicle*, x age x vehicle*  Significant differences in (best Chevy Equinox; worst: Mazda 6)  Intuitiveness: vehicle**;  Complexity: Age*** (older more), vehicle*** (best Chevy Equinox; worst: Mazda 6)  Task completion time: Vehicle*** (Nissan &gt; Mazda, VW &gt; rest); IA: age x condition** (older longer on IVI tasks than younger)  Glance location: location***; IA location x condition*** (IVI tasks lead to decrease of glance time to mirrors and forward road, and increase to dashboard)</p>
---------------------------------------	---	--	--	--	--	--	---

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
<p>(4) Strayer, D.L., Cooper, J.M., Goethe, R.M., McCarty, M.M., Getty, D. &amp; Biondi, F. (2017) Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2017, AAA Foundation for Traffic Safety .</p> <p>(+ FS)</p>	<p>Within &amp; between subject design: evaluation of IVI task/mode during <b>on-road driving</b></p> <p>7 (tasks: 3 benchmark tasks and 4 IVI task types x 3 IVI interaction modes</p> <p>Benchmark tasks:  <b>- single task (no IVI)</b>  - high demand cognitive task (autifive/vocal)  - high demand visual task (visual/manual)</p> <p>RQ:  1) which task types are most distracting and what are the sources of distraction (e.g., visual/manual vs. cognitive)?  2) what is the workload associated with different modes of IVI interaction?  3) Comparison of IVI interactions supported by different OEMs to determine the bases for any differences in the workload associated with their use</p>	<p>Calculation of integrated, standardized metrics for direct workload comparison of tasks, modes and vehicle</p> <p>Linear mixed effects models</p>	<p>N120 (age 21-36)</p>	<p><b>4 IVI tasks and 3 interaction modes (30 model systems, + control no IVI):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calling or dialling;</li> <li>- text messaging;</li> <li>- tuning the radio;</li> <li>- programming navigation</li> </ul> <p>Interaction modes:  voice-commands, center stack display, controls in the center console</p> <p>30 model year 2017 vehicles  - 2017 Audi Q7 3.0T Premium Plus  -2017 Cadillac XT5 Luxury  - 2017 Chevrolet Equinox LT  - 2017 Chevrolet Traverse LT  - 2017 Chrysler 300C  - 2017 Dodge Durango GT  - 2017 Dodge Ram 1500 Express  - 2017 Ford F-250 XLT  - 2017 Ford Fusion Titanium  - 2017 Ford Mustang GT Premium Convertible  - 2017 GMC Yukon SLT  - 2017 Honda Civic Touring  - 2017 Honda Ridgeline RTL-E  - 2017 Hyundai Santa Fe Sport  - 2017 Hyundai Sonata Base  - 2017 Infiniti Q50 3.0t Premium  - 2017 Jeep Compass Sport  - 2017 Jeep Grand Cherokee Limited</p>	<p><b>Visual/Cognitive distraction:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRT- <b>Detection Response Task:</b> RT, accuracy</li> <li>- NASA subjective <b>workload</b> - GPS data</li> <li>- Video recordings – <b>glances Completion time</b> task</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Navigation is most demanding task. Texting has a significantly higher overall demand than tuning the radio and calling/dialling. All tasks were associated with higher levels of cognitive (manual) demand</b></li> <li>- <b>Radio tuning and navigation led to higher levels of visual (eyes off road) demand than calling/dialling and text messaging.</b></li> <li>- <b>Text messaging and navigation led to significantly longer task completion times than tuning the radio and calling/dialling</b></li> <li>- <b>large differences between vehicles: 23 vehicles: high or very high levels of overall load; 7: moderate levels; None: low overall demand</b></li> <li>- <b>All interaction modes produced very high overall demand on drivers (higher than the high demand benchmark): center stack (e.g., touch screen, knobs/button built into the dashboard) less demanding than voice commands, less demanding than center</b></li> </ul>	<p>-</p> <p>Overall demand predicted by</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- task type *** : audio, calling/dialling &lt; (high demand reference) &lt; texting &lt;&lt; navigation</li> <li>- modality ** : (high demand ref) &lt; central stack &lt; auditory vocal &lt; central console</li> <li>- task type x modality *** : ° Central stack: texting, calling/dialling &lt; audio (ref) &lt;&lt; navigation</li> <li>° Auditory vocal: audio &lt; calling/dialling &lt; (ref) &lt;&lt; texting &lt; navigation</li> <li>° Center console: (ref) &lt; texting, audio, calling/dialling &lt; navigation</li> <li>- Vehicle *** : 7 models sign. below ref &lt; 11 on ref level &lt; 12 sign above ref</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017 Kia Sorento LX</li> <li>- 2017 Lincoln MKC Premiere</li> <li>- 2017 Mazda3 Touring</li> <li>- 2017 Nissan Armada SV</li> <li>- 2017 Nissan Maxima SV</li> <li>- 2017 Subaru Crosstrek Premium</li> <li>- 2017 Tesla Model S 75</li> <li>- 2017 Toyota Camry SE</li> <li>- 2017 Toyota Corolla SE</li> <li>- 2017 Toyota RAV4 XLE</li> <li>- 2017 Toyota Sienna XLE</li> <li>- 2017 Volvo XC60 T5 Inscription</li> </ul>		<p>console (e.g., writing pads and dial) interactions.</p> <p>- Voice-commands to control infotainment system functions resulted in lower levels of visual demand than the other modes. However, the benefits of reduced visual demand were offset by longer interaction times</p>	
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
<p>(5) Strayer, D.L., Cooper, J.M., McCarty, M.M., Getty, D.J., Wheatley, C.L., Motzkus, C.J., Mackenzie, K.L., Loveless, S.M., Esplin, J., Goethe, R.M. &amp; Biondi, F. (2018) Visual and Cognitive Demands of Using Apple's CarPlay, Google's Android Auto and Five Different OEM Infotainment Systems. University of Utah ©2018, AAA Foundation for Traffic Safety</p>	<p>Experiment: 5 (Vehicle) x 3 (System) x 4 (Task Type) x 2 (Mode of Interaction) factorial design with 24 participants evaluated in each of the Vehicle x Interaction cells of the factorial.</p> <p>Evaluation during <b>on-road driving</b>. Three benchmark trials:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>single-task baseline condition</b> (no IVI)</li> <li>- highly demanding cognitive task (N-back)</li> <li>- highly demanding visual task (in-vehicle display, SuRT)</li> </ul> <p>Research questions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- How demanding are Apple's CarPlay® and Google's Android</li> </ul>	<p>Objective and subjective measures were gathered both during and after each drive to generate demand scores</p> <p>Linear mixed effects analyses were performed. In the analyses Task Type, Mode of Interaction, Task Type x Mode of Interaction, and Vehicle were entered independently. The number of vehicles driven by each participant was entered as a fixed effect while Participant, Vehicle, Mode of Interaction and Task Type were entered as random effects.</p>	<p>64 licensed drivers ages 21 to 36 (24 tested in each vehicle)</p>	<p><b>4 IVI tasks, 2 interaction modes (5 models systems vs. CarPlay and Android Auto; + control)</b></p> <p>4 tasks include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calling/dialling,</li> <li>- sending a text message,</li> <li>- programming audio entertainment</li> <li>- programming navigation</li> </ul> <p>Modes: (each vehicle offered up to 2 modes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- auditory-vocal commands,</li> <li>- centre stack display: touchscreens, and other interactive technologies: e.g., buttons, dial</li> </ul> <p>5 model year 2017–2018 vehicles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2017 Honda Ridgeline RTL-E (HondaLink)</li> <li>2017 Ford Mustang GT (SYNC3)</li> </ul>	<p><b>Visual and cognitive demands</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Detection Response Task</b> (DRT, ISO 7488) : RT, Hit rate</li> <li>- NASA TLX subjective workload</li> <li>- <b>Task Completion Time</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CarPlay &amp; Android Auto were less demanding than native IVI for the tasks employed (overall moderate level of demand vs. native: very high)</li> <li>- CarPlay: lower overall demand than Android Auto for sending text messages.</li> <li>- Android Auto: lower overall demand than CarPlay for programming navigation and much less demanding than native</li> <li>- Visual demand with CarPlay and Android Auto was lower for both auditory/vocal and center stack interactions than native IVI</li> <li>- For CarPlay, nominally lower demand levels with center stack interactions than auditory/vocal.</li> </ul>	<p>-</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Overall demand of auditory/vocal interactions was lower in the current study which may be attributable to the superior auditory/vocal interface of Android Auto (as well as that of CarPlay, though to a lesser extent), when compared with the native OEM systems</li> <li>- Overall demand with CarPlay and Android Auto did not differ and both were significantly below the high demand referent</li> <li>- Both systems have different strengths and weaknesses; some task types are less demanding with one system than they are with another</li> <li>- The hybrid systems vary in demand when they are deployed in different vehicles.</li> </ul>



	<p>Auto® in comparison with built-in (native) IVI (5 OEM IVI).</p> <p>- How demanding are these systems when performing different tasks? - What level of demand is associated with different interaction modes ? - How does the demand vary across different types of vehicles?</p>			<p>2018 Chevrolet Silverado LT (MyLink)</p> <p>2018 Kia Optima (UVO)</p> <p>2018 Ram 1500 Laramie (Uconnect)</p>		<p>- For Android Auto, lower demand levels with auditory/vocal interactions than for center stack.</p> <p>- 2 of the 5 native IVI had very high levels of overall demand; 3 had moderately high levels.</p> <p>- For CarPlay and Android Auto: 3 vehicles had overall high levels of overall demand; 2 had moderate levels.</p> <p>- CarPlay and Android Auto varied in overall demand when they were deployed in different vehicles.</p>	<p>- CarPlay and Android Auto provided more functionality, although both incurred moderately high levels of demand, thus providing opportunities to improve the user experience.</p>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
<p>(6) Cooper, J.M., Wheatley, C.L., McCarty, M.M., Motzkus, C.J., Lopes, C.L., Erickson, G.G., Baucom, B.R.W. &amp; Strayer, D.L. (2019) Age-Related Differences in the Cognitive, Visual and Temporal Demands of In-Vehicle Information Systems. University of Utah. ©2019, AAA Foundation for Traffic Safety</p>	<p>Experiment: 2 (Age Cohort) x 6 (Vehicle) x 4 (Task Type) x 3 (Mode of Interaction) factorial with 24 participants evaluated in each cell of the factorial.</p> <p>Evaluation during <b>on-road driving</b>. Three benchmark trials:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- single-task baseline condition (no IVI)</li> <li>- highly demanding cognitive task (N-back)</li> <li>- highly demanding visual task (in-vehicle display, SuRT)</li> </ul> <p>Research questions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- How demanding are different IVI tasks,</li> </ul>	<p>Linear mixed effects analyses were performed. Models containing the Age Cohort, Task Type, Mode of Interaction, and Vehicle factors were entered as fixed effects with Participant entered as a random effect. To evaluate main effects, these models were sequentially compared with models where the effect in question was removed. Interactions between conditions were analyzed through the comparison of models where factors were specified as</p>	<p>N128 divided into two age groups: younger drivers (21-36, M 24.8 yrs), and older drivers (55-75, (M 65.8 yrs).</p>	<p><b>4 IVI tasks, 2 interaction modes (6 model systems, + control)</b></p> <p>Tasks:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calling/dialling,</li> <li>- sending a text message,</li> <li>- programming music</li> <li>- programming navigation</li> </ul> <p>Modes (two offered in each vehicle):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- auditory vocal commands,</li> <li>- center stack touchscreens or</li> <li>- center console controls</li> </ul> <p>Models year 2018.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018 Audi A6 Premium (Man and Machine Intersect or MMI)</li> <li>- 2018 Cadillac CT6 Premium Luxury (Custom User Experience or CUE)</li> </ul>	<p><b>Visual and cognitive demands</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Detection Response Task</b> (DRT, ISO 7488) : RT, Hit rate</li> <li>- NASA TLX subjective workload</li> <li>- <b>Task Completion Time</b></li> <li>- Open end questions : <b>subjective perspective of the experience</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Older drivers took longer to complete IVI tasks; and showed more prolonged task completion times for the navigation task compared to other tasks.</li> <li>- Younger and older drivers completed the music programming and the calling/dialling tasks faster than text messaging or navigation (&gt;24s for both age groups)</li> <li>- Older drivers had higher levels of cognitive and visual demand compared to younger, for both IVI and baseline tasks (more pronounced during IVI).</li> <li>- Calling and dialing and text messaging felt less demanding than navigation and music</li> </ul>	<p>-</p> <p>Findings suggest that generalizing driver workload from younger to older drivers may underestimate the workload experienced by older drivers. Systems that meet specific testing criteria when evaluated using younger testers may perform very differently when evaluated using older drivers.</p> <p>Given the consistent performance differences between younger and older drivers when interacting with vehicle technologies, we recommend that future testing give higher priority to evaluating older users.</p>

	with different systems, and different modes of interaction for older and younger drivers? - How does the demand for younger/older drivers vary across different types of vehicles?	interactive with models where factors were specified as additive. Pairwise comparisons for each of the analyses are also provided		- 2018 Lincoln Navigator Select L (SYNC 3) - 2018 Mazda CX-5 Grand Touring (Mazda Connect) - 2018 Nissan Pathfinder SL (NissanConnect) - 2018 Volvo XC90 Momentum – Custom Packages (Sensus Connect)		<b>programming (older felt all IVI interactions more demanding than younger).</b> - Auditory/vocal commands took the longest to complete, followed by center console controls; center stack interactions were shortest. - Voice commands were felt as less demanding than center options. - Older drivers generally slower to complete tasks (all modes). - Visual demand higher for older drivers (all modes) compared to younger (more than in single task and high-demand benchmark) - Task completion times and visual demand varied considerably across vehicle type. - Age-related differences in subjective workload was dependent on the vehicle.		Systems that are usable by older adults will also be usable by younger adults, but the converse may not always be the case  Older drivers may benefit from interface designs that promote their continued visual attention on or near the forward roadway (e.g., careful placement and implementation of physical controls and dials, screen placement closer to their forward vision, effective use of voice controls, etc.)
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(7) Lee, J. D., Roberts, S. C., Hoffman, J. D., & Angell, L. S. (2012). Scrolling and Driving: How an MP3 Player and Its Aftermarket Controller Affect Driving Performance and Visual Behavior. Human Factors, 54, 250-263.	The aim of this study was to assess how scrolling through playlists on an MP3 player or its aftermarket controller affects driving performance and to examine how drivers adapt device use to driving demands.	A mixed linear model with participant as a repeated measure was used, and post hoc comparisons were performed using SAS 9.1 and R 2.11.1. An Interface (two levels) × In-Vehicle Task (five levels) × Demand Timing (three levels) ANOVA model was analyzed for each of	N = 50 (18 – 25Y; 21 female, 29 male).  Both in-vehicle task and roadway demand were counterbalanced	<b>IVI-list scrolling (2 tools, 3 list lengths, + control)</b>  Task had five levels - <b>no task (control condition)</b> , - MP3 song selection (scrolling) from short (7 to 12 songs), medium (21 to 30 songs), or long playlist (100 to 130 songs) to find the target song; - radio tuning task.  Tools:	<b>Driving, task initiation time, eye-tracking measures</b>  - Driving performance: standard deviation of lane position, speed variability (root mean square speed), and bicycle detection (d', sensitivity). - Task initiation time - Eye movement metrics: number of glances and glance duration	Searching through long playlists (580 songs) resulted in poor driving performance and required more long glances (longer than 2s) to the device compared with other playlist lengths.  The aftermarket controller also led to more long glances compared with the MP3 player.	0 / -  <b>Scrolling through short playlists (7 to 12 songs) does not differ from the no-task condition and radio-tuning. Long list scrolling has negative effects on driving and visual attention.</b>  <b>Selecting songs from long playlists undermined driving performance, and drivers did not sufficiently</b>	

	<p>Participants searched for songs in playlists of varying lengths using either an MP3 player or an aftermarket controller while negotiating road segments with traffic and construction in a medium-fidelity driving <b>simulator</b>. Roadway demand consisted of baseline, traffic, and construction sections.</p> <p>The scroll lengths were chosen to ensure that the short playlist tasks required little to no scrolling, the medium playlist task required one full scroll, and the long playlist task required multiple scrolls.</p>	<p>the dependent variables.</p> <p>The traffic and construction sections were analyzed separately, given that the two sections imposed substantially different demands.</p> <p>All post hoc comparisons were carried out using t-tests</p>	<p>across participants.</p>	<p>- A 30-GB, fifth-generation iPod with color screen was mounted in a cradle on the center instrument stack. The MP3 player featured momentum scrolling; that is, the scrolling speed is dictated by how fast the user gestures.</p> <p>- An aftermarket controller designed for the MP3 player (Harman/Kardon Drive + Play) displayed menu information on a small screen and had a separate controller that duplicated the functionality of the MP3 player. The controller featured proportional scrolling; that is, when the user commanded maximum scrolling, the playlist was advanced at a rate proportional to the playlist length. The aftermarket display was mounted on the dash in the same location as the MP3 player, and the controller was located at the end of the participants' reach when their right arm was resting at their side.</p>	<p>All measures were calculated for the roadway sections associated with each of the 16 periods in which the in-vehicle tasks were performed. Driving performance measures were also calculated in the no-task drive whereby each of the in-vehicle tasks was performed as matched by roadway location.</p>	<p>Drivers did not adequately adapt their behavior to roadway demand, as evident in their degraded driving performance.</p> <p>No significant performance differences were found between short playlists, the radio-tuning task, and the no-task condition.</p>	<p><b>adapt their use of the device to the roadway demands.</b></p> <p><b>The aftermarket controller degraded rather than enhanced performance.</b></p> <p>Infotainment systems should support drivers in managing distraction. Aftermarket controllers can have the unintended effect of making devices carried into the car less compatible with driving.</p>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
(8) Mitsopoulos-Rubens, E., Trotter, M. J., & Lenné, M. G. (2011). Effects on driving performance of interacting with an in-vehicle music player: A comparison of three interface layout concepts for	In the current study, the layout of information on a visual display was manipulated to explore its effect on driving performance in the context of music selection.	The data for each of the measures were analysed, in the first instance, using either analysis of variance (ANOVA) or t-tests. In every case, statistical significance was defined as $p < 0.05$ . If appropriate, a significant ANOVA result was followed	N = 30 (24 – 55y; 15 females, 15 males).	<b>1 visual-manual IVI task (3 visual display lay-outs; + control)</b>  Task: <b>music selection</b> through manual manipulation of the controls on a custom-built model of the in-vehicle <b>centre stack</b> , including a replica of the radio fascia, of a current Australian passenger vehicle. The relative positioning of the	<b>Driving, workload, IVI task performance, cognitive task measures</b>  - Driving performance: mean speed, mean lane deviation, Percentage correct lane changes.  - Subjective workload (NASA TLX: Hart & Staveland, 1988)	Concurrent completion of the music selection task with driving resulted in significant impairment to lateral driving performance (mean lane deviation and percentage of correct lane changes) relative to the baseline, and significantly greater mean lane deviation relative to the combined	-  General negative effect of the IVI (music selection on visual display), independent of lay-out  <b>Interaction with the in-vehicle fixed music player prototype was associated with significantly impaired driving performance as measured using the LCT.</b> Despite generally higher

information presentation. Applied Ergonomics, 42, 583-591.	Three layout concepts for music selection were examined.  The comparative effects of an auditory verbal (cognitive) task were also explored.  Driving performance was assessed under both baseline <b>control condition</b> and dual task conditions using the Lane Change Test.	with post hoc tests. Bonferroni Adjustment was applied to control for potential Type I errors due to multiple comparisons.		display (dimensions: width 14.5 cm; height 7.5 cm) with the steering wheel in the experimental set-up corresponded with that in the actual vehicle.  Lay-out: music information is arranged as a hierarchical menu, in which available options for selection are increasingly restricted and refined as users progress through the structure. The critical difference between the three concepts is the way in which information is presented visually on the IVI display.	- Music selection task performance: mean completion time - Cognitive task: performance: Reaction time (refers to the elapsed time from presentation of the item to detection of a vocal response).	driving and the cognitive task condition. <b>The magnitude of these effects on driving performance was independent of layout concept, although significant differences in subjective workload estimates and performance on the music selection task across layout concepts</b> highlights that potential uncertainty regarding design use as conveyed through layout concept could be disadvantageous.		subjective workload estimates and reduced music selection performance when participants interacted with the Modified Fisheye concept, driving performance was unaffected by layout concept.
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (-N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(9) Platten, F., Milicic, N., Schwalm, M., & Krems, J. (2013). Using an infotainment system while driving – A continuous analysis of behavior adaptations. Transportation Research Part F, 21, 103–112.	This study aimed to investigate how drivers adapt and effectively regulate their behavior according to the demands of the driving situation.  Participants performed a <b>simulated driving task</b> while using an IVI  This study used a between-subject design: secondary task group and <b>baseline group (no secondary task)</b> .  In the secondary (IVI) task group, a task (e.g. making a phone call or	A MANOVA was carried out with the factors cue (situations with a presented cue versus situations without a cue), different types of situations (the four different types of situations described above) and secondary task (using the infotainment system (n = 18) versus baseline (n = 20); no repeated measurement).	N = 38 (20-60y; 8 female, 30 male)  20 subjects baseline group; 18 subjects experimental (IVI) group	<b>IVI visual-manual tasks (4 driving situations; + control)</b>  Tasks: e.g. - making a phone call or - changing an audio track  The secondary task was presented on a standard TFT display which was positioned at the <b>upper middle section of the dashboard</b> (following the “30 degree norm”).  For the operation of the secondary task <b>two buttons</b> and a <b>turning knob</b> (for list scrolling) <b>on the steering wheel</b> were used	<b>Driving, IVI task behaviour metrics</b>  Driving behavior: maximal deceleration, time span until the maximal deceleration, integral of the maximal deceleration, (4) mean acceleration and (5) mean driving speed.  Operational behavior in the secondary tasks: averaged activity per second (number of inputs, counted by button pushes).	It was found that the driving failures did not significantly depend on group membership (with and without a secondary task). <b>The same amounts of driving failures were made in the two groups with and without operating an infotainment system while driving. It can be assumed that the reason for this was that drivers were free to intermit the usage of the infotainment system in this study.</b>  <b>Drivers interrupted their secondary task depending on the point in time when they attained information about the development of the situation. Therefore</b>	0	<b>As shown in this study, drivers are often able to handle hazardous situations even if they are using an infotainment system.</b>

	changing an audio track) had to be performed in hazardous situations and in other phases of the driving course to avoid that operating a task is learned as an indicator of a critical situation.					drivers adapted their behavior successfully to requirements of hazardous situations.		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(10) Tardieu, J., Misdariis, N., Langlois, S., Gaillard, P., & Lemercier, C. (2015). Sonification of in-vehicle interface reduces gaze movements under dual-task condition. Applied Ergonomics, 50, 41-49.	Sonification of hierarchical menus (such as those found in most ICIS) is examined in this paper as one possible solution to reduce gaze movements towards the visual display. In a <b>dual task experiment</b> in the laboratory, 46 participants were requested to prioritize a primary task (a continuous target detection task) and to simultaneously navigate in a realistic mock-up of an ICIS, either sonified or not.		N = 46 (20 – 30y; 39 female, 7 male)	<b>IVI task (hierarchical menu navigation) with vs. without sonification (+ control)</b>  The two tasks were implemented on a desktop PC and displayed on a 34 cm x 27 cm monitor with a resolution of 1280 x 1024 pixels and a refresh rate of 60 Hz. According to the Renault engineering department, the dimensions of both tasks proportionally reproduced what is usually found in a car.	<b>Target detection task, IVI task completion, eye-tracking matrix</b>  - Primary task: reaction time to detect the visual target;  - Secondary task: Time to reach the requested item; Number of browsed items before the participant found the requested item.  - Gaze data: Time spent in each area of the two areas of interest T1 and T2 respectively the primary task window and the secondary task window; Number of gaze saccades, i.e., number of times the eyes moved to the secondary task window.	Results indicated that <b>sonification significantly increased the time spent looking at the primary task, and significantly decreased the number and the duration of gaze saccades towards the ICIS</b> . In other words, the sonified ICIS could be used nearly exclusively by ear. On the other hand, <b>the reaction times in the primary task were increased in both silent and sonified conditions</b>	-	IVI with sonification better than silent  This study suggests that sonification of secondary tasks while driving could improve the driver's visual attention of the driving scene.
(11) Reimer, B. & Mehler, B. (2013). The effects of a production level “voice-command” interface on driver behaviour: summary findings	This report summarizes key results of an <b>on-road (highway) driving</b> study where drivers were engaged in a number of tasks with a production version,		N = 60, equally distributed across both genders and two age groups (20-29 and 60-69).	<b>Voice-based vs. visual-manual IVI tasks ( reference task: manual radio tuning, cognitive task)</b>  IVI (secondary) tasks:	<b>Driving performance, workload, physiological arousal, visual attention metrics</b>	Physiological arousal during the voice tasks was comparable or lower than that observed during the more difficult level of manual radio tuning task as measured by skin	-	Voice-command better than manual  These findings highlight that <b>implementations of voice interfaces can be highly multi-modal and are not necessarily free of</b>

<p>on reported workload, physiology, visual attention, and driving performance. MIT AgeLab White Paper No. 2013-18A. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.</p>	<p>in-vehicle voice-command system.</p> <p>Participants carried out a manual radio tuning reference task (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006) and three levels of an audio-presentation / verbal response delayed digit recall task (n-back) that is known to produce graded levels of cognitive demand.</p> <p>Each IVI task was presented twice to compare identical tasks using the visual-manual interface and voice interface for the same functional activity in the same vehicle (all tasks in counterbalanced order, except phone tasks).</p>			<p>- Voice control of the radio, - Music selection from a connected MP3 device, and - Voice dialing of a stored phone number - Voice entry of a full street address into a navigation system (of particular interest, since manual entry of addresses into navigation devices while underway is generally recognized as being highly visual-manually demanding).</p> <p>Model: 2010 Lincoln MKS with factory installed voice-command systems (Ford SYNC™ for voice control of the phone and media connected by USB and the “next-generation navigation system” with Sirius Travel Link)</p>		<p>conductance and heart rate, respectively.</p> <p>Perhaps <b>most notable was the identification of a high level of visual demand / engagement during selected tasks, such as the use of the voice-command interface for entering addresses into the navigation system.</b></p> <p>It also appeared that <b>different age / gender groupings tended to interact with the voice system in different ways.</b></p>		<p><b>visual-manual demands on attentional resources.</b></p> <p><b>If one were to apply the current National Highway Transportation Safety Administration (NHTSA) visual-manual distraction guidelines to the tasks assessed, a number of “voice” interactions would not meet the total off-road glance time criteria of the guidelines. It is clear that visual demand needs to be considered in the design of multi-modal voice interfaces.</b></p>
<p><b>Author(s), Year</b></p>	<p><b>Sample and study design</b></p>	<p><b>Method of analysis</b></p>	<p><b>Sample (+N)</b></p>	<p><b>Infotainment tool (+model, interaction modality)</b></p>	<p><b>Outcome Indicator</b></p>	<p><b>Main result</b></p>	<p><b>Effect on road safety</b></p>	
<p>(12) Kidd, D. G., Dobres, J., Reagan, I., Mehler, B., &amp; Reimer, B. (2017). Considering Visual-manual tasks Performed During Highway Driving in the Context of Two Different sets of Guidelines for Embedded in-</p>	<p>This study compared the pass/fail conclusions from applying the two guidelines developed by The Alliance of Automobile Manufacturers and the National Highway Traffic Safety Administration</p>	<p>Compare the visual metrics obtained in the study with those stated in the NHTSA and Alliance guidelines to see whether performance on the task meets the NHTSA and/or Alliance guidelines pass/fail conclusions.</p>	<p>Data were used from Mehler et al. (2015).  N = 24 (45 – 69y; 12 female, 12 male)  A subset of 24</p>	<p><b>4 IVI tasks (2 interaction modes: voice-based and visual-manual; 2 model systems; comparison against baseline guidelines)</b></p> <p>- calling a contact associated with a single telephone number (easy contact calling), - calling a contact associated with multiple telephone</p>	<p><b>Visual metrics</b></p> <p>Eye-glances (coded from video recordings of the driver’s face following ISO standards (ISO 15007–1 2002; ISO 15007–2 2001)</p> <p>Three visual glance metrics were calculated for each task trial: (1) mean off-road glance duration, (2)</p>	<p>This study found that the two task evaluation approaches led to similar pass/fail conclusions when applied to four visual-manual tasks performed during highway driving.</p> <p>However, the visual demands of highway driving likely are different from the visual demands</p>	<p>-</p>	<p>Interestingly, the manual radio tuning task failed to pass both sets of guidelines, even though the organizations used it as a reference task for setting acceptable levels of visual demand. Perhaps this indicates that radios have become more difficult to tune than the ones that provided the</p>

vehicle Electronic Systems. Transportation Research part F, 47, 23-33.	(NHTSA) to help developers of embedded in-vehicle systems minimize the visual demand placed on a driver interacting with the visual-manual interface of the system.  Participants had to perform a number of secondary tasks while <b>on-road</b> highway driving.		participants was randomly selected from the original data.	numbers requiring additional input (hard contact calling), - tuning the radio to a new station using a radio preset button - manually tuning the radio to a new station on a different frequency band  - Chevrolet MyLink system (2013 Chevrolet Equinox) - Volvo Sensus (Volvo XC60)	percentage of the participant's off-road glances that were longer than 2 s, and (3) the total duration of off-road glances.	of the driving situations in both guidelines. <b>Drivers often change their glance behavior or vehicle speed to cope with the visual demands of the roadway environment, and these behavioral changes may influence the consistency of pass/fail conclusions across roadway environments.</b>		basis for the guidelines; however, naturalistic driving studies have not indicated increased risk from tuning more modern radios
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result		Effect on road safety
(13) Mehler, B., Kidd, D., Reimer, B., Reagan, I., Dobres, J., & McCartt A. (2015). Multi-modal Assessment of On-road Demand of Voice and Manual Phone Calling and Voice Navigation Entry Across Two Embedded Vehicle Systems. Ergonomics, 59, 344-367.	A comparison was made between the Chevrolet MyLink and the Volvo Sensus systems. Participants had to perform a number of secondary tasks while <b>on-road driving</b> on a highway, either using a smartphone or the vehicle-embedded system.  Groups were gender- and age-balanced samples which were distributed across the Chevrolet and Volvo vehicles.  Within each vehicle group, random assignment was made to either an 'embedded vehicle	Non-parametric statistics such as the Wilcoxon signed rank test and the Friedman test were used (similar to the t-test and repeated-measures ANOVA, respectively).  For multi-factorial analyses, repeated-measures ANOVA by ranks were used.	N = 80 (20 – 69y; 40 female, 40 male)  Chevrolet : N = 40 Volvo: N = 40	<b>2 IVI tasks, voice-based vs. manual mode (2 model voice-based systems vs. smartphone; + control)</b>  - Chevrolet MyLink system (2013 Chevrolet Equinox) - Volvo Sensus (Volvo XC60)  - Voice-based commands and Visual-manual interaction  Secondary tasks: - calling a phone contact and - entering an address into the navigation system	<b>Driving, task completion time eye-tracking, physiological, workload measures</b>  - Driving: Speed, Standard deviation of speed. steering wheel reversal rates. - Secondary task: task completion time. - Eye-metrics: Eye glances (coded from video recordings of the driver's face following ISO standards (ISO 15007–1 2002; ISO 15007–2 2001), - Physiological (indices of workload): heart rate, skin conductance, using EKG. - Subjective workload NASA TLX (Hart & Staveland, 1988)	<b>When calling a phone contact, both voice systems reduced visual demand relative to the visual-manual interfaces, with reductions for drivers in the Equinox being greater. The Equinox 'one-shot' voice command showed advantages during contact calling but had significantly higher error rates than Sensus during destination address entry. For both secondary tasks, neither voice interface entirely eliminated visual demand.</b>	-	Voice-based commands better than visual-manual  A properly designed and used interface can significantly reduce eyes-off-road time and thus increase safety, although neither of the interfaces studied here entirely eliminated visual demand.

	system' or a 'smartphone' first condition. Within each condition, random assignment determined whether voice-based or manual phone calling was presented first.							
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(14) Kim, H., & Song, H. (2014). Evaluation of the safety and usability of touch gestures in operating in-vehicle information systems with visual occlusion. Applied Ergonomics, 45, 789-798.	Experiment to verify the applicability of touch gestures in the operation of IVI from the viewpoints of both driving safety and usability.  The participants performed the touch operations (scrolling through a list, moving a map, and zooming in/out of a map) using the two devices under visually occluded situations (with and without shutter glasses), which is a well-known technique for estimating load of visual attention while driving.	MannWhitney U tests was used to analyse task completion time.  Touch gestures were analyzed with the TEMPLO motion analysis software (CONTEMPLAS GmbH, Germany) The wrist bending angles while operating the IVI using touch gestures were analyzed with the TEMPLO motion analysis software (CONTEMPLAS GmbH, Germany) after the participants' wrists were video-recorded using the two camcorders located at the upper and right sides of the participants.	N = 16 (20-59y; 8 female, 8 male)  Two gender-balanced age groups (20-39 and 40-59).	<b>4 IVI operations, 4 touch-gestured interaction modes (comparison baseline: simple tapping)</b>  Tasks: - scrolling through a list, - moving a map, and - zooming in/out of a map  Touch gestures: - flicking, - panning, and - pinching were used; - the SK EnNavi only allowed tapping touch gestures  Tools: - Apple iPad (9.7 inch tablet; Apple, USA) - EnNavi (7 inch navigation system; SK M&C, Korea)	- <b>Visual attention</b> load: R value (occlusion coefficient). If the R value is greater than or close to 1, it indicates that a high level of visual attention while driving can be required to operate the IVI.  - <b>task completion</b> time: total sum of the time taken to complete each task of scrolling through a list, moving a map, and zooming in/out of a map.  - <b>Unit operation</b> time: the average time taken per operation.  - <b>Minimum wrist bending angle</b> (up/down, left/right): The wrist bending angles of each participant were measured ten times at random points in the recorded video and then the minimum angle of these was defined as the minimum wrist bending angle.  - all participants were asked to evaluate the <b>workload</b> using the 7 scale NASA task load	In scrolling through a list, the flicking gestures required more time than the tapping gestures. Interestingly, both the flicking and simple tapping gestures required slightly higher visual attention.  In moving a map, the average time taken per operation and the visual attention load required for the panning gestures did not differ from those of the simple tapping gestures that are used in existing car navigation systems.  In zooming in/out of a map, the average time taken per pinching gesture was similar to that of the tapping gesture but required higher visual attention. Moreover, pinching gestures at a display angle of 75 degrees required that the participants severely bend	NA (0/-)	<b>Panning gesture no negative effect; pinching not appropriate while driving</b>  <b>It was found that the panning gesture is the only touch gesture that can be used without negative consequences when operating IVI while driving.</b>  The flicking gesture is likely to be used if the screen moving speed is slower or if the car is in heavy traffic.  However, <b>the pinching gesture is not an appropriate method of operating IVI while driving in the various scenarios examined in this study.</b>



					<p>index (TLX). Furthermore, the touch gestures that the participants used were observed and recorded during the experiment.</p> <p>- <b>subjective:</b> After all tasks the participants were interviewed about the necessity of the flicking, panning, and pinching gestures. They were asked whether operating IVI with each type of touch gestures were more valuable than those with simple tapping operations.</p>	<p>their wrists. Because the display angles of many car navigation systems tends to be more than 75 degrees, pinching gestures can cause severe fatigue on users' wrists.</p>		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
<p>(15) Peng, Y., &amp; Boyle, L. N. (2015). Driver's adaptive glance behaviour to in-vehicle information systems. Accident Analysis and Prevention, 85, 93–101.</p>	<p>This study examined the adaptive behaviour of drivers as they engaged with in-vehicle devices over time and in varying driving situations in a multi-day <b>simulator</b> study.</p> <p>Participants engaged in 6 different text entry and reading tasks while driving in two different traffic conditions (with and without traffic in both directions).</p>	<p>Cluster analysis was used to categorize drivers based on their risk levels and random coefficient models were used to assess changes in drivers' eye glance behaviour and driving performance.</p>	<p>N = 28 (&lt; 30 y, 14 female, 14 male)</p> <p>Within-subjects design; Half of the participants randomly selected to perform the traffic trials first to minimize order effects.</p>	<p><b>6 IVI tasks (2 traffic conditions)</b></p> <p>Tasks</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Text Entry: short (4 characters), medium (6 characters), long (12 characters)</li> </ul> <p>Participants entered a word using a 7" touchscreen display that was mounted about 10" to the right of the steering wheel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Text reading: short (20–40 characters), medium (60–80 characters), and long (120–140 characters)</li> </ul> <p>For the text reading tasks, they were asked to read a non-scrolling phrase using the same screen.</p>	<p><b>Glance behaviour</b></p> <p>maximum eyes-off-road time in seconds (MaxEOR), proportion of EOR time (PropEOR).</p> <p>Summary statistics are also provided for the number, proportion, and total duration of EOR that exceeds 2 s (LongEOR, Prop LongEOR, Total LongEOR)</p>	<p><b>Glance duration significantly increased over time while drivers were performing text entry tasks but not for text reading tasks.</b></p> <p><b>High-risk drivers had longer maximum eyes-off-road when performing long text entry tasks compared to low-risk drivers, and this difference increased over time.</b></p> <p>The traffic condition also had a significant impact on drivers' glance behaviour.</p>	-	<p>This study suggests that <b>drivers may exhibit negative behavioural adaptation as they become more comfortable with using in-vehicle technologies over time.</b> Results of this paper may provide guidance for the design of in-vehicle devices that adapt based on the context of the situation.</p>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	

<p>(16) Perez, M. A. (2012). Safety implications of infotainment system use in naturalistic driving. Work, 41, 4200-4204.</p>	<p>This study examined the naturalistic usage of several advanced infotainment systems and whether usage was associated with changes in near crash occurrence and with changes in driving behaviour.</p> <p>Participants drove a vehicle equipped with a high-functionality infotainment system for a period of approximately 4 weeks: <b>naturalistic driving study.</b></p>	<p>Four video views were multiplexed into one video stream for observation and analysis by trained reductionists. Identification of potential crash and near crash events was achieved by overlaying the vehicle performance data against vehicle kinematics signatures. Trained data analysts then watched the video for any potential (near) crash events and assessed their validity. Valid events were subjected to additional data coding (driver behaviors and eye glance patterns). Eye glance coding: 10 seconds before and 5 seconds after the start and end of the event (allowed for the analysis of complete initial and final glances). Given the relatively small dataset, results are presented mainly in terms of frequency counts. T-tests were used to assess statistically significant differences in eye glance patterns.</p>	<p>N = 17 (27 – 57y, 9 female, 8 male)</p>	<p><b>2 IVI model systems</b></p> <p>The experimental vehicles were instrumented with aftermarket infotainment systems :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2002 Cadillac STS with a Clarion VRX755VD system with 7" touchscreen;</li> <li>- 2005 Ford Crown Victoria with a Pioneer AVIC-N2 system with 7" touchscreen</li> </ul>	<p><b>ND DAS (IVI audio, 4 video positions, driving), eye-glance metrics</b></p> <p>The data acquisition system collected audio (from the infotainment system), video, and driving performance data continuously, triggered on the ignition signal. The digital video was collected from four different video cameras positioned to show the driver's face, a view over the driver's shoulder, the forward driving scene, and a close-up view of the infotainment system.</p> <p>The eye glance metrics that were analyzed included:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Number of glances</li> <li>- Average glance durations</li> <li>- Total glance durations</li> <li>- Glance rate</li> <li>- Percent of glances based on frequency and duration</li> <li>- Total eyes-off-road time</li> <li>- Percent total eyes-off-road time</li> </ul>	<p>Little association was found with near crashes: 5 of 46 near crash events observed in the dataset exhibited infotainment system use.</p> <p><b>Drivers involved in infotainment system use during near crashes, however, did exhibit distinct glance behaviors, generally suggesting lower levels of awareness about their driving environment.</b></p>	<p>0</p>	<p><b>The advanced infotainment systems studied in this dataset were present in some near crashes, but their presence was not pervasive.</b></p>
<p><b>Author(s), Year</b></p>	<p><b>Sample and study design</b></p>	<p><b>Method of analysis</b></p>	<p><b>Sample (+N)</b></p>	<p><b>Infotainment tool (+model, interaction modality)</b></p>	<p><b>Outcome Indicator</b></p>	<p><b>Main result</b></p>	<p><b>Effect on road safety</b></p>	

<p>(17) Perez, M. A., Angell, L. S., &amp; Hankey, J. M. (2015). Assessment of Naturalistic Use Patterns of Advanced Infotainment Systems. Human Factors, 57, 674–688.</p>	<p>This study examined naturalistic usage of infotainment systems to assess use characteristics and patterns in order to understand how challenging different tasks are and how frequently they occur during driving.</p> <p>Participants drove a vehicle equipped with a high-functionality infotainment system for a period of approximately 4 weeks: <b>naturalistic driving study</b></p>	<p>Four video views were multiplexed into one video stream for later observation and analysis by trained reductionists.</p>	<p>N = 17 (27 - 57y, 9 female, 8 male)</p>	<p><b>2 IVI model systems</b></p> <p>The experimental vehicles were instrumented with aftermarket infotainment systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2002 Cadillac STS: Clarion VRX755VD system with 7" touchscreen;</li> <li>- 2005 Ford Crown Victoria: Pioneer AVIC-N2 system with 7" touchscreen</li> </ul>	<p><b>ND DAS (IVI audio, 4 video positions, driving), IVI task, eye-glance metrics</b></p> <p>The data acquisition system collected audio (from the infotainment system), video, and driving performance data continuously, triggered on the ignition signal. The digital video was collected from four different video cameras positioned to show the driver's face, a view over the driver's shoulder, the forward driving scene, and a close-up view of the infotainment system.</p> <p>IVI task:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Percentage of time spent listening to a particular infotainment system function</li> <li>- Operation rate per hour of driving time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Operation duration</li> </ul> </li> <li>- Distribution of interactions: classified by System, Function, Interaction Type, or combinations</li> <li>- Interaction rate: per hour of driving time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interaction duration</li> </ul> </li> </ul> <p>The eye glance metrics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Number of glances</li> <li>- Average glance durations</li> <li>- Total glance durations <ul style="list-style-type: none"> <li>- Glance rate</li> </ul> </li> <li>- % of glances based on frequency and duration</li> <li>- Total eyes-off-road time</li> <li>- % total eyes-off-road time</li> </ul>	<p>The median participant interacted with the IVI systems once every 4 hours (90th percentile: 6.1 interactions/hr). More than 50% of these interactions involved adjusting the volume. Although there were a few lengthy interactions, the median duration was 2.2s (90th percentile: 24.6s), which required measurable visual involvement when compared to a matched baseline. The median total eyes-off-road time across interactions was 1s (90th percentile: 11.4 s) and differed significantly across type of system interaction. Longer interactions tended to occur when the vehicle was stationary.</p>	<p>0</p>	<p><b>The naturalistic data revealed that drivers managed their interactions with these infotainment systems in a strategic way, on average, keeping most operations and interactions short and infrequent.</b></p> <p><b>More than 90% of the multi-step interactions took 24.6 s or less to complete, with 50% taking 2.2 s or less. Mean total eyes-off-road time fell below 10 s for all interactions</b></p> <p>Participants used the infotainment systems regularly, spending most of their time in the study (99%) listening to an entertainment function.</p> <p><b>There was a measurable visual load required for visual-manual interactions with these infotainment systems. Compared to baseline observations, drivers directed 28.5 more glances per minute to the interface while completing interactions with the infotainment system. These glances lasted 0.8s longer.</b></p>
--	---	---	--	---	--	--	----------	---

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
(18) Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J. F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. Human Factors.	This study observed the effects of in-vehicle system gesture-based interaction versus touch-based interaction on driver distraction and user experience while <b>on-road</b> motorway <b>driving</b> .	Analysis of variance (ANOVA) for factorial repeated measures was used.	N = 36 (19-35y, 31 female, 5 male).  A 2x2x2 repeated measures design was used.  touch/gesture x easy/complex x highway/city)	<b>Touch vs. gesture based IVI tasks (no control)</b>  A 10" tablet (Acer IconiaTab W501P) was mounted on the <b>center console</b> . The tablet was connected to a gesture recognition device (Leap Motion).	<b>Distraction:</b>  <b>Subjective</b> data, such as acceptance and <b>workload</b> , and  objective data, including <b>glance</b> behavior, were gathered.	Participants rated their <b>subjective impressions of safe driving as higher</b> when using gesture-based interaction. More specifically, acceptance and attractiveness were higher, and workload was lower. The participants performed significantly <b>fewer glances to the display and the glances were much shorter</b> .	NA  <b>Gesture-based interaction better than touch-based</b>  Gestures are a positive alternative for in-vehicle interaction since effects on driver distraction are less significant when compared to touch-based interaction.
(19) Kim, H., Kwon. S., Heo. J., Lee, H., & Chung, M. K. (2014). The Effect of Touch-key Size on the Usability of In-vehicle Information Systems and Driving Safety During Simulated Driving. Applied Ergonomics, 45, 379-388.	This study investigated the effect of touch-key size on usability of In-Vehicle Information Systems (IVI) with respect to safety issues through a driving <b>simulation</b> .  Participants entered 5-digit numbers with various touch-key sizes (5 sizes: 7.5 mm, 12.5 mm, 17.5 mm, 22.5 mm, and 27.5 mm) while performing simulated driving at three speeds: 0 km/h; highway 100 km/h and midpoint of the two states 50 km/h	An ANOVA was performed for the dependent variables regarding the usability of IVI (Table 1). For the significant main effects, a Student NewmanKeuls (SNK) test was conducted as a post-hoc analysis. For the significant interaction, a simple effect test was conducted.	N = 30 (22-38y; 7 female, 23 male)	<b>Touch-key IVI (5 sizes; no control)</b>  Windows XP Professional OS, a 17-inch LCD touch-screen monitor (dwcom17s, Digital Window Communication) with a resolution of 1280 1024 and a dot pitch of 0.264 mm	<b>Driving, eye-tracking, usability, subjective parameters</b>  Driving: Standard deviation of lane position, speed variation,  Visual: total glance time, mean glance time, mean time between glances, mean number of glances,  Usability of IVI (task completion time), error rate,  Subjective preference  NASA-TLX workload	Both the driving safety and the usability of the IVI increased as the touch-key size increased up to a certain size (17.5 mm in this study).  <b>In general, the usability of IVI increased as SIZE increased and SPEED decreased.</b>	NA  <b>Touch-key size ≤ 17,5mm better than &lt; 17,5mm</b>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety

<p>(20) Larsson, P., &amp; Niemand, M. (2015). Using Sound to Reduce Visual Distraction from In-vehicle Human–Machine Interfaces. <i>Traffic Injury Prevention</i>, 16, 25–30.</p>	<p>Study to investigate whether adding sound to an in-vehicle user interface could provide the support necessary to create a significant reduction in glances toward a visual display when browsing menus.</p> <p>Participants performed 6 different interface tasks while driving along a highway route in a driver <b>simulator</b>.</p>	<p>A 3 × 6 within-group factorial design was employed with sound (no sound, earcons, spearcons) and task (6 different task types) as factors. Separate analyses of variance (ANOVAs) were conducted for different eye glance measures and self-rated driving performance.</p>	<p>N = 14 (36 – 59y)</p>	<p><b>6 IVI tasks, 2 visual-manual interaction modes, 2 sound concepts (no control)</b></p> <p>6 tasks:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Search for a song,</li> <li>- Call a contact,</li> <li>- Find message in fleet system,</li> <li>- Search measurement data,</li> <li>- Find message on washer fluid,</li> <li>- Find reset command.</li> </ul> <p>2 displays:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- located to the right in the instrument cluster (driver display, DD), operated with buttons on the steering wheel,</li> <li>- located in the dashboard to the right of the steering wheel (secondary display, SD), operated with buttons below the display.</li> </ul> <p>Two sound concepts developed and studied:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- spearcons (time-compressed speech sounds) and</li> <li>- earcons (musical sounds).</li> </ul>	<p><b>Eye-tracking, subjective driving performance</b></p> <p>Eye glances and corresponding measures were recorded using a head-mounted eye tracker.</p> <p>Participants' self-assessed driving performance was also collected after each task with a 10-point scale ranging from 1 = very bad to 10 = very good.</p>	<p>It was found that the added spearcon sounds significantly reduced total glance time as well as number of glances while retaining task time as compared to the baseline (= no sound) condition (total glance time M = 4.15 for spearcons vs. M = 7.56 for baseline, p = .03).</p> <p>The earcon sounds did not result in such distraction-reducing effects.</p> <p>Furthermore, participants ratings of their driving performance were statistically significantly higher in the spearcon conditions compared to the baseline and earcon conditions (M = 7.08 vs. M = 6.05 and M = 5.99 respectively, p = .035 and p = .002).</p>	<p>NA</p>	<p>Speech sounds better effect than music sounds</p> <p><b>The spearcon sounds seem to efficiently reduce visual distraction, whereas the earcon sounds did not reduce distraction measures or increase subjective driving performance.</b></p>
<p>(21) Jung, T., Kaß, C., Zapf, D., &amp; Hecht, H. (2018). Effectiveness and user acceptance of infotainment-lockouts: A driving simulator study. <i>Transportation Research Part F</i>, 60, 643–656.</p>	<p>The aim of this driving <b>simulator</b> study was to examine the influence of <b>lockouts</b> on driving performance and user acceptance.</p> <p>Lockout is a system-initiated distraction mitigation strategy that renders certain features of in-vehicle information systems (IVI) non operable while the vehicle is in motion.</p>	<p>We analysed the data via a mixed design 3 (lockout condition) x 6 (sequence) MANOVA with lockout condition as within-subject factor and sequence as between-subject factor and control variable.</p>	<p>N = 26 (22–57y)</p>	<p><b>IVI lockouts (6 IVI tasks with 3 lockout modes)</b></p> <p>We used an 800 Samsung tablet (model SM-T310) with Android operation system (version 4.4.2) for the IVI-software simulation.</p> <p>Touch</p>	<p><b>Driving, subjective parameters:</b></p> <p>Driving:</p> <p>Steering wheel reversal rate (SWRR), the rate of lane infringements (LAN) and the standard deviation of lateral position (SDLP) were measures of lateral control, whereas the mean velocity (MV) and the standard deviation of velocity (SDV) represented measures of longitudinal control.</p> <p>Subjective:</p>	<p><b>Driving performance with regard to lateral control was better when the system employed partial or complete lockouts as compared to the unlocked system.</b> In contrast, longitudinal control did not benefit from a lockout.</p> <p>User acceptance decreased with an increasing number of disabled system functions while driving.</p>	<p>+</p>	<p>Thus, <b>lockout as a distraction mitigation strategy comes at the price of reduced user acceptance.</b> To improve acceptance, one could attempt to make the secondary tasks less attractive (e.g., by public campaigns) rather than prohibit them through lockout.</p>

	<p>Participants performed six tasks with fully unlocked, partially locked, and completely locked IVI. Within a repeated-measures design, we assessed user acceptance.</p>				<p>acceptance questionnaire, perceived usefulness and ease of use.</p>			
--	---	--	--	--	--	--	--	--



**Institut Vias**

Haachtsesteenweg 1405, 1130 Brussel · Chaussée de Haecht 1405, 1130 Bruxelles · +32 2 244 15 11 · [info@vias.be](mailto:info@vias.be) · [www.vias.be](http://www.vias.be)