
Conserver la Conscience de l'Environnement en Conduite Semi-Autonome grâce à un Siège Haptique

Maintain Situation Awareness in Semi-Autonomous Driving with a Haptic Seat

**Marine Capallera, Peïo Barbé-Labarthe, Leonardo Angelini, Omar Abou Khaled,
Elena Mugellini**

HumanTech Institute, HES-SO//University of Applied Sciences Western Switzerland, Fribourg
Switzerland

email: {marine.capallera, leonardo.angelini, omar.aboukhaled, elena. mugellini}@hes-so.ch

email: Peio.Barbe-Labarthe@edu.hefr.ch

ABSTRACT

Semi-autonomous driving is rapidly evolving and one of its major issues is the reduction of the driver's attention to his/her environment. After a brief study of current interactions increasing this situational awareness, and more particularly haptic interactions, this article proposes the use of vibrations in the seat. Vibrations, due to their location and variations in frequency and amplitude, make it possible to convey different information to the driver such as the position of obstacles around his/her vehicle as well as the state of deterioration of the road markings. The results of initial exploratory tests are promising on the use of haptic interactions. They make it possible to set up the design and procedure for future experiments.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

IHM'19 Adjunct, December 10–13, 2019, Grenoble, France

© 2019 Copyright held by the owner/author(s).

ACM ISBN 978-1-4503-7027-1/19/12.

<https://doi.org/10.1145/3366551.3370341>

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Interaction techniques**.

KEYWORDS

Semi-autonomous vehicles; Haptic interaction; Seat; Human-Vehicle Interaction (HVI); Situation awareness.

RÉSUMÉ

La conduite semi-autonome évolue rapidement et l'une de ses principales problématiques est la réduction de l'attention du conducteur vis-à-vis de son environnement. Après une brève étude des interactions actuelles augmentant cette conscience de la situation, et plus particulièrement des interactions haptiques, cet article propose l'utilisation de vibrations dans le siège. Les vibrations, de par leur localisation et variations en fréquence et amplitude, permettent de transmettre différentes informations au conducteur comme la position d'obstacles autour de son véhicule ainsi que l'état de dégradation du marquage au sol. Les résultats de premiers tests exploratoires sont prometteurs sur l'utilisation d'interactions haptiques. Ils permettent de mettre en place le design et la procédure des futures expériences.

MOTS CLÉS

Voitures semi-autonomes; Interaction haptique; Siège; Interaction Homme-Véhicule (IHV); Conscience de la situation.

INTRODUCTION

L'utilisation des algorithmes de machine et deep learning permettent de développer des aides à la conduite de plus en plus performantes, rendant les véhicules de plus en plus autonomes dans certaines tâches de conduite. Le déplacement longitudinal est totalement automatisé dans certaines conditions de conduite (régulateur de vitesse adaptatif). Il en va de même pour les déplacements latéraux avec les technologies de maintien sur la voie. Les différentes aides à la conduite permettent également de libérer le conducteur de certaines tâches. Cependant, il doit continuer de surveiller entièrement son environnement et garder les mains sur le volant. C'est pourquoi le développement de véhicules de niveau 3 selon la classification SAE [6] offrira la possibilité au conducteur de s'engager dans une tâche non liée à la conduite mais il doit être apte à reprendre le contrôle du véhicule à la demande de ce dernier si le système ne peut gérer une situation.

Or, lorsqu'une demande de désengagement est faite à un conducteur engagé dans une autre tâche, il pourra faire face à une surcharge cognitive pour passer d'une conduite autonome à manuelle car il

sera en dehors de la boucle de contrôle. C'est pourquoi il est important de développer des Interactions Homme-Véhicule (IHV) permettant de conserver la conscience et connaissance de l'environnement du conducteur au cours de la conduite autonome tout en maintenant sa confiance envers le système autonome.

La conception d'IHV opérant sur différents degrés d'attention permettrait la formation d'un tandem conducteur-véhicule qui partagerait des responsabilités au cours de la conduite autonome tels des compagnons et non pas deux entités distinctes. Cette communication et cette confiance s'inscrivent principalement dans le cas de l'aide à la surveillance de l'environnement et des situations auxquelles le conducteur peut faire face alors qu'il est engagé dans une tâche secondaire mais aussi dans le cas où la charge cognitive augmente au cours de la reprise de contrôle. Ces interactions doivent le maintenir dans la boucle tout en lui permettant de s'engager dans une tâche non liée à la conduite. De plus, les travaux de Bakker sur le continuum d'interaction-attention [1] démontrent qu'il est possible de se concentrer sur la conception d'interactions périphériques afin d'informer l'utilisateur de son environnement même si celui-ci est engagé dans une autre tâche.

ETAT DE L'ART

Une analyse a été effectuée sur les interactions haptiques utilisant le siège du conducteur. Ces interactions sont principalement utilisées pour les demandes de désengagement. Dans le cadre de la préparation d'un désengagement, Telpaz et al. [12] transmet le mouvement/déplacement des voitures se situant à l'arrière du véhicule tout comme Grah et al. [5]. Riener et al. [11] utilise les vibrations de manière subliminale pour améliorer la conduite écologique du conducteur en utilisant la partie avant du siège. Chang et al. [3] propose 3 expériences utilisant un siège haptique dans différentes situations : la navigation, la réception d'un appel téléphonique et le signalement de l'état du conducteur (sommolence). Les interactions haptiques sont donc intéressantes pour transmettre des informations relatives à l'environnement du conducteur. Elles pourraient permettre de proposer des interactions multimodales autres que audiovisuelles ([13], [9]). Afin de transmettre ces informations, il est possible de faire varier différents paramètres [7] : l'intensité des vibrations (fréquence et amplitude), le choix des profils de vibrations, distance entre les vibrations (minimum 8 cm pour le dos et 9 cm pour l'assise) et leur position.

Nous avons également analysé les scénarios de test de ces études. Ils permettent d'étudier les situations mises en jeu ainsi que les variables mesurées et nécessaires à la validation des interactions. Les outils permettant de mesurer la conscience de la situation du conducteur sont également mises en avant. Il en existe principalement deux types : mesures effectuées au cours de l'expérience (tel que le Time-to-Collision [10, 14]) et les mesures effectuées après la conduite ou après une situation mais nécessitant de stopper la simulation (Situation Awareness Global Assessment Technique – SAGAT) [2, 4, 14]. La qualité de la reprise de contrôle est également une mesure utilisée [8].

EXPERIENCE**Matériel :**

◇ Poste de conduite constitué d'un siège de voiture réglable, d'une ceinture de sécurité ainsi que d'un volant Logitech G27 et de pédales d'accélération, de freinage et d'embrayage.

◇ Gilet Tactsuit de bHaptics fixé sur le siège de manière à recouvrir à la fois son assise et son dossier (Figure 1). Ces moteurs sont ici contrôlés manuellement à l'aide d'une application Android (l'application "bHaptics").

Participants :

12 participants (9 hommes et 3 femmes) ont participé à l'expérience. La plupart sont chercheurs en informatique. Tous les participants sont détenteurs d'un permis de conduire valide.



FIGURE 1: Mise en place de l'expérience

SIÈGE HAPTIC ET INFORMATIONS TRANSMISES**Conception**

Cette étude s'inspire des travaux de [12] et [5] afin de proposer au conducteur une vision périphérique et étendue la plus complète de son environnement. Au volant d'un véhicule de niveau 3, le conducteur n'aura plus forcément une vue sur l'environnement à l'avant du véhicule, c'est pourquoi, tout comme le dossier transmet des informations concernant l'arrière du véhicule, il semble intéressant de transmettre la présence d'obstacles mobiles et stationnaires à l'avant du véhicule en utilisant l'assise du siège.

Afin de sensibiliser le conducteur à ces situations potentiellement critiques, l'assise du siège peut également transmettre des informations sur l'état des lignes et leur niveau de dégradation tout en permettant une distinction entre la marquage à droite du véhicule et le marquage de gauche.

Objectifs d'étude

L'objectif est de vérifier si l'utilisation de vibrations dans tout le siège (assise et dossier) permet au conducteur d'appréhender son environnement, même engagé dans une tâche secondaire. Pour cela, une expérience sera menée afin de valider si la correspondance choisie pour orienter l'attention visuelle du conducteur est efficace. Après deux phases d'apprentissage, le participant sera soumis à différents stimuli haptiques correspondant à différentes zones autour du véhicule. A chaque stimulus, le participant devra annoncer une certaine zone de l'environnement du véhicule correspondant au stimulus perçu. Par exemple, s'il perçoit une vibration dans le haut du dos, il devra regarder la zone correspondant au rétroviseur central. Dans le cas où des vibrations se feront ressentir à l'avant-droit de l'assise, il devra regarder le côté droit de la route devant lui. Le temps de réaction du conducteur face à ce stimuli ainsi que les erreurs possibles de détection seront mesurés à l'aide d'un eye-tracker ([5, 12]) ou d'une tablette.

CHOIX DES TECHNOLOGIES ET STIMULI

Afin de mener l'expérience mentionnée ci-dessus, une première expérience a été réalisée afin de valider le choix des technologies utilisées. Pour transmettre la présence d'un obstacle et l'état de dégradation du marquage au sol, les vibrations seront transmises grâce au gilet bHaptics installé sur un siège de véhicule (Figure 1). Ce gilet est doté de 20 moteurs (5 lignes de 4 sur le dossier, 5 autres sur l'assise une fois installé) indépendamment contrôlables. Il est donc tout d'abord nécessaire de vérifier s'il est possible de réaliser une correspondance entre les limitations et l'utilisation des moteurs cohérente, détaillée et compréhensible. Comme mentionné précédemment, il est possible de faire varier le niveau d'information transmise en agissant sur des différences d'amplitude ou de fréquence. Ainsi, le but de cette expérience est également de mettre en avant la préférence des participants quant au choix de variation d'amplitude ou de fréquence.

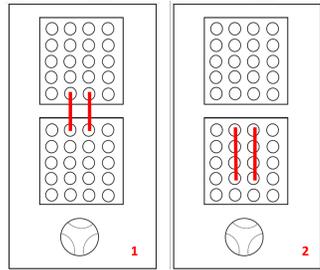


FIGURE 2: Propositions pour les lignes - (1) fait vibrer tous les moteurs intérieurs de l'assise droite alors que (2) utilise quatre moteurs : les deux moteurs intérieurs les plus bas du dossier et les deux moteurs intérieurs les plus en arrière de l'assise

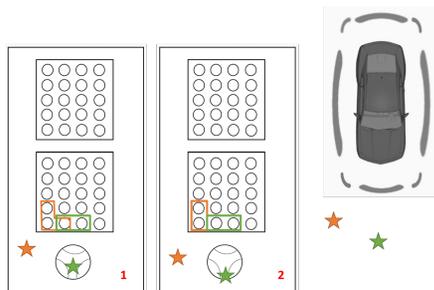


FIGURE 3: Obstacles à l'avant droit et à l'avant (piétons à l'avant gauche puis véhicule à l'avant) - (1) informe de la présence du piéton en faisant vibrer les deux moteurs latéraux les plus à l'avant de l'assise côté droit et la voiture est ensuite signalée par les deux moteurs centraux les plus à l'avant. (2) actionne les 3 moteurs du coin avant-droit de l'assise puis le moteur central avant-gauche

Procédure

Cette expérience a défini les modalités de vibrations à adopter lorsque le véhicule rencontre des facteurs pouvant limiter son autonomie. L'organisation de l'expérience est la suivante. Le participant est assis sur un siège de voiture réglable. Une fois qu'il est convenablement installé, l'expérience se déroule en 3 étapes :

- (1) Un test préliminaire est mis en place pour vérifier si le participant situe bien les vibrations qui lui sont transmises. Des vibrations ponctuelles puis diffuses sont créées et le participant doit les situer sur une feuille schématisant l'ensemble du siège (comme sur les Figures 2 à 4). Ces vibrations ponctuelles sont appliquées par séries de 3, d'abord dans le dos du siège puis au niveau de l'assise. Les vibrations plus diffuses sont quant à elles appliquées sous les cuisses du participant en alternant le côté afin de s'assurer qu'il les différencie bien.
- (2) **Marquage au sol** : Deux motifs de vibrations sont proposés dans un ordre aléatoire et le participant doit indiquer quelle solution lui semble la plus intuitive pour indiquer une dégradation des lignes (Fig. 2). Une fois le motif choisi, il doit indiquer s'il préfère une augmentation de la fréquence ou de l'amplitude des vibrations lorsque la criticité de la situation augmente.
- (3) **Détection des obstacles** : Lorsqu'un ou plusieurs obstacles sont détectés par le véhicule, différents motifs de vibrations sont proposés au participant et il doit à nouveau indiquer quelle solution lui semble la plus adaptée puis s'il préfère une augmentation de la fréquence ou plutôt de l'intensité des vibrations (Fig. 3). Une fois que le participant a choisi un motif et s'il préférerait une augmentation de fréquence ou d'amplitude un dernier choix lui est proposé (Fig. 4).

Après chaque choix de motif il est demandé au participant si d'autres solutions lui semblent plus intuitives. De même, un avis général lui est demandé à la fin du test. 4 niveaux d'amplitudes et 3 de fréquence définis par l'application bHaptics ont également été proposés à 6 des 12 participants afin de définir les valeurs d'amplitude et de fréquence exploitables par défaut pour la suite des expériences. Les participants devaient alors classer les amplitudes et fréquences par ordre de préférence de 1 à 5 (1 : pas du tout agréable, 5 : agréable).

RÉSULTATS

Concernant le test préliminaire, les principaux résultats ont montré que les participants ont aisément réussi à situer la zone où les vibrations avaient lieu. Cependant, il leur a été difficile de discerner les vibrations de deux moteurs adjacents. Ceci est cohérent avec le travail de Ji et al. [7] montrant que les moteurs du dossier et de l'assise (ici espacés de 7cm) doivent être respectivement espacés d'au moins 9cm et de 8cm afin que les vibrations soient discernables.

Concernant le marquage des lignes, 91.7% des participants préfèrent le motif n°2 (Fig. 2). Ce dernier est à la fois "moins gênant" et "plus difficile à ignorer" alors que pour le motif n°1 "on ne sent pas

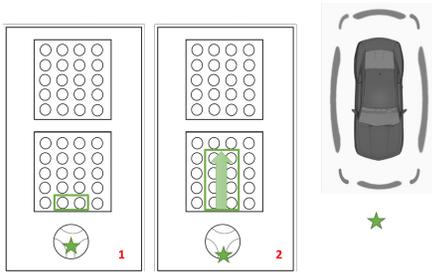


FIGURE 4: Obstacle à l’avant - choix entre (1), sélectionné précédemment ou (2) vibrations progressives allant de l’avant à l’arrière de l’assise lorsqu’un obstacle se rapproche uniquement à l’avant du véhicule

	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
Amplitude 1	8.3	16.7	25.0	33.3	16.70
Amplitude 2	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0
Amplitude 3	16.7	50.0	16.7	0.0	16.7
Amplitude 4	50.0	33.3	0.0	0.0	16.7
Frequency 1	0.0	16.7	33.3	50.0	0.0
Frequency 2	0.0	16.7	33.3	50.0	0.0
Frequency 3	0.0	33.3	33.3	16.7	16.7

TABLE 1: Répartition des scores (en pourcentage) obtenus par amplitude/fréquence pour les 6 participants (5/5 étant le plus confortable)

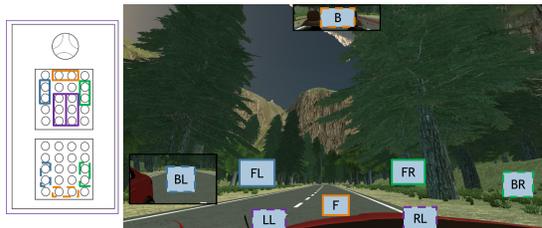


FIGURE 5: correspondance choisie pour l’expérience

vraiment la distinction entre gauche et droite”. Toutefois, un participant (qui préfère le motif n°1) suggère une combinaison entre les 2 motifs qui couvrirait une ligne à la fois les jambes et le bas du dos. De plus, 83.3% des participants préfèrent une augmentation de la fréquence. L’augmentation d’amplitude est “peu agréable” alors que celle de la fréquence a semblé plus intuitive car elle a rappelé à plusieurs participants le “bip de recul” des voitures, les “bandes rugueuses sur le bord de la route”, ou bien encore “une musique stressante de film”.

Concernant la détection des obstacles, bien qu’ils aient eu du mal à différencier les deux motifs, 10 participants sur 12 ont préféré le second (Fig. 3). Les participants préférant le premier ont déclaré le trouver plus intuitif car il lui évoque “un déplacement du piéton”. Concernant l’augmentation de la criticité, 58.3% des participants préfèrent une augmentation de fréquence, pour les mêmes raisons que pour le marquage au sol, bien qu’un participant suggère aussi une augmentation de l’amplitude en plus de la fréquence. Enfin, lorsqu’un obstacle se rapproche, les participants qui préféreraient une augmentation de la fréquence ont choisi une vibration localisée à l’avant du siège alors que ceux qui préféreraient une augmentation d’amplitude ont choisi une vibration progressive allant de l’avant de l’assise vers l’arrière (Fig. 4).

Les résultats de comparaison des différentes amplitudes et fréquences sont détaillés dans la Table 1

DISCUSSION ET CONCLUSION

D’après les résultats ci-dessus, l’utilisation du gilet semble adéquate pour modéliser des vibrations à implanter dans le siège du conducteur dans le cadre de scénarios de test. Les participants préfèrent l’utilisation de l’assise pour transmettre les informations relatives au marquage au sol. Il est donc possible de transmettre des informations spatialisées par interactions haptiques avec cette technologie. Ces différents résultats vont donc permettre de mettre en place l’expérience décrite plus haut afin de valider si les stimuli haptiques en simulation de conduite autonome sont efficaces pour transmettre des informations liées à l’état du marquage au sol et du positionnement d’obstacle autour du véhicule. La correspondance choisie pour cette expérience est présentée sur la figure 5. Dans un second temps, cette recherche a également pour but d’étudier la possible utilisation des vibrations associées à une modalité visuelle en tant qu’interaction multimodale. Pour cela, il sera nécessaire de comparer l’utilisation des trois modalités (haptique, visuelle et haptique+visuelle) en terme de d’efficacité à transmettre des informations au conducteur afin de maintenir sa conscience de l’environnement dans le cadre de la conduite semi-autonome.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu par la Fondation Hasler dans le cadre du projet Ad-Vitam. Les auteurs remercient toutes les personnes ayant participé à l’élaboration et l’écriture de ce document.

RÉFÉRENCES

- [1] S Bakker and K Niemantsverdriet. 2016. The interaction-attention continuum : Considering various levels of human attention in interaction design. *International Journal of Design* 10 (08 2016), 1–14.
- [2] David Beattie, Lynne Baillie, Martin Halvey, and Rod McCall. 2014. What's Around the Corner? Enhancing Driver Awareness in Autonomous Vehicles via In-Vehicle Spatial Auditory Displays. *Proceedings of the NordiCHI 2014 : The 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction : Fun, Fast, Foundational*. <https://doi.org/10.1145/2639189.2641206>
- [3] Wonsuk Chang, Wonil Hwang, and Yong Gu Ji. 2011. Haptic Seat Interfaces for Driver Information and Warning Systems. *International Journal of Human-Computer Interaction* 27, 12 (2011), 1119–1132. <https://doi.org/10.1080/10447318.2011.555321> arXiv:<https://doi.org/10.1080/10447318.2011.555321>
- [4] M. R. Endsley. 1988. Situation awareness global assessment technique (SAGAT). In *Proceedings of the IEEE 1988 National Aerospace and Electronics Conference*. 789–795 vol.3. <https://doi.org/10.1109/NAECON.1988.195097>
- [5] Thomas Grah, Felix Epp, Martin Wuchse, Alexander Meschtscherjakov, Frank Gabler, Arnd Steinmetz, and Manfred Tscheligi. 2015. Dorsal Haptic Display : A Shape-changing Car Seat for Sensory Augmentation of Rear Obstacles. In *Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 305–312. <https://doi.org/10.1145/2799250.2799281>
- [6] SAE International. 2018. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
- [7] Yong Gu Ji, Kwangil Lee, and Wonil Hwang. 2011. Haptic perceptions in the vehicle seat. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 21, 3 (2011), 305–325. <https://doi.org/10.1002/hfm.20235> arXiv:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hfm.20235>
- [8] M. Johns, B. Mok, W. Talamonti, S. Sibi, and W. Ju. 2017. Looking ahead : Anticipatory interfaces for driver-automation collaboration. In *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. 1–7. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2017.8317762>
- [9] Frederik Naujoks, Yannick Forster, Katharina Wiedemann, and Alexandra Neukum. 2017. Improving Usefulness of Automated Driving by Lowering Primary Task Interference through HMI Design. *Journal of Advanced Transportation* 2017 (08 2017), 1–12. <https://doi.org/10.1155/2017/6105087>
- [10] R. Parasuraman, T. B. Sheridan, and C. D. Wickens. 2000. A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A : Systems and Humans* 30, 3 (May 2000), 286–297. <https://doi.org/10.1109/3468.844354>
- [11] A. Riener, A. Ferscha, P. Frech, M. Hackl, and M. Kaltenberger. 2010. Subliminal Vibro-tactile Based Notification of CO2 Economy While Driving. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 92–101. <https://doi.org/10.1145/1969773.1969790>
- [12] Ariel Telpaz, Brian Rhindress, Ido Zelman, and Omer Tsimhoni. 2015. Haptic Seat for Automated Driving : Preparing the Driver to Take Control Effectively. In *Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 23–30. <https://doi.org/10.1145/2799250.2799267>
- [13] Arie van den Beukel and Mascha Van der Voort. 2017. How to assess driver's interaction with partially automated driving systems? A framework for early concept assessment. *Applied Ergonomics* 59 (03 2017), 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.09.005>
- [14] MinJuan Wang, Sus Lundgren Lyckvi, Chenhui Chen, Palle Dahlstedt, and Fang Chen. 2017. Using Advisory 3D Sound Cues to Improve Drivers' Performance and Situation Awareness. (2017), 2814–2825. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025634>