



HAL
open science

Effets des signaux vibrotactiles couplés à la détection de pression ou un minuteur lors de l'interaction avec un écran tactile en automobile

Emily Guindi, Laora Kerautret, Nour Eddine El Ouardi, Stéphanie Dabic

► To cite this version:

Emily Guindi, Laora Kerautret, Nour Eddine El Ouardi, Stéphanie Dabic. Effets des signaux vibrotactiles couplés à la détection de pression ou un minuteur lors de l'interaction avec un écran tactile en automobile. 30eme conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Oct 2018, Brest, France. 7p. hal-01899374

HAL Id: hal-01899374

<https://hal.science/hal-01899374v1>

Submitted on 19 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Effets des signaux vibrotactiles couplés à la détection de pression ou un minuteur lors de l'interaction avec un écran tactile en automobile

Emily Guindi

Valeo/Université Lumière Lyon II
74106, Vétraz-Monthoux, France
emily.guindi@gmail.com

Laora Kerautret

Valeo
74106, Vétraz-Monthoux, France
laora.kerautret@valeo.com

Nour Eddine El Ouardi

Valeo
74106, Vétraz-Monthoux, France
nour-eddine.el-ouardi@valeo.com

Dr. Stéphanie Dabic

Valeo
74106, Vétraz-Monthoux, France
stephanie.dabic@valeo.com

Résumé

L'objectif de notre étude était de déterminer l'intérêt du retour vibrotactile lors de l'interaction avec un écran tactile en conduite simulée par le Lane Change Task (LCT), un paradigme de simulation de conduite, mais également de comparer trois modes d'interaction : la pression, le minuteur et le capacitif lors de deux types de tâches : le slider et les push. Les trente-trois participants ont dans un premier temps été séparés en deux groupes, en fonction du type de tâche (slider ou push) et ont ainsi conduit sous deux niveaux de charge cognitive modulée par la tâche OSPAN (operation-word-span) qui sollicite la mémoire de travail où il est demandé au participant de vérifier l'exactitude d'un calcul ou de retenir un mot tout en interagissant avec un l'écran tactile.

Les résultats subjectifs ont montré que i) pour le slider, la pression est préférée par rapport aux modes capacitif et minuteur. Cependant, cela n'est pas vérifié pour les push, ii) Les questionnaires subjectifs ont confirmé l'intérêt du retour vibrotactile aussi bien en terme de préférence, de sentiment de sécurité et de confiance vis-à-vis de l'écran tactile. À l'inverse les résultats obtenus via le questionnaire du DALI

(Driving Activity Load Index) n'ont pas montré de résultats significatifs.

Mots Clés

Automobile ; Écran Tactile ; Charge Cognitive ; Retour Vibrotactile ; Pression ; Minuteur.

Abstract

The aim of our study was to determine the benefit of vibrotactile feedback when interacting with the Lane Change Task (LCT) simulated driving display, but also to compare three modes of driving interaction: the pressure, the timer and the capacitive during two types of tasks: the slider and the push. The thirty-three participants were initially separated into two groups, depending on the type of task (slider or push) and thus conducted under two levels of cognitive load modulated by the OSPAN task (operation-word-span) which solicits working memory where the participant is asked to check the accuracy of a calculation or retain a word while interacting with a touch screen and performed these tasks in a driving simulator.

The subjective results showed that i) for the slider, the pressure is preferred over the capacitive and timer modes. However, this is not verified for the pushes, ii) The subjective questionnaires confirmed the interest of the vibrotactile return as well in terms of preference, feeling of security and confidence regarding the touch screen. Conversely, the results obtained via the Driving Activity Load Index (DALI) questionnaire did not show any significant results.

Author Keywords

Automotive; Touchscreen; Cognitive workload; Vibrotactile feedback; Pressure; Timer.

ACM Classification Keywords

H.5.2. [User Interfaces] | Input devices and strategies (e.g. touchscreens)

Introduction

Le système média dans la voiture auparavant géré par des boutons mécaniques est de plus en plus remplacé par des écrans tactiles. En effet, ce type d'interaction est considéré comme étant plus intuitive et naturelle. De plus, cela permet de rendre l'interface plus épurée, paramétrable et adaptable. Cependant, cette substitution essentiellement visuelle comporte un désavantage : la perte d'indices tactiles. Cet inconvénient est remédié en ajoutant un retour vibrotactile lorsqu'on appuie sur l'écran. En effet, il a été démontré que cette modalité de rétroaction permettait entre autres de diminuer la charge cognitive requise lors de la conduite automobile [6]. La charge cognitive en conduite automobile

La conduite fait appel à de nombreuses ressources; notamment des ressources visuelles, auditives et cognitives. Dès lors que nous interagissons avec une interface tactile en conduisant, une surcharge des canaux visuels peut survenir. En effet, le modèle de Wickens et al. [7] sur le traitement de l'information nous explique que la sollicitation multiple d'une ressource peut entraîner une surcharge engendrant de ce fait une diminution des performances. Le retour vibrotactile permet ainsi de décharger les canaux visuels d'entrée de l'information en utilisant une entrée peu sollicitée lors de la conduite : le tactile. En conséquent, le retour multimodal ici, visuel et vibrotactile devrait permettre d'augmenter les performances, mais également l'évaluation hédonique de l'interaction avec l'interface. Cette interaction gagnerait cependant à être optimisée notamment afin d'améliorer la perception du retour vibrotactile, mais également au niveau sécuritaire en diminuant le temps passé à regarder hors de la route, mais aussi les validations intempestives.

Optimisation de l'interaction par la pression

Les humains ont une perception très fine au bout des doigts, et davantage encore dès qu'il s'agit de détecter des signaux

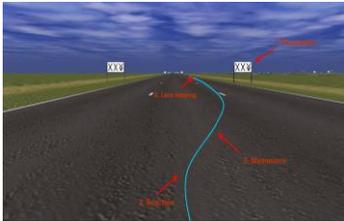


Figure 1 : Dispositif de conduite simulée (LCT)



Figure 2 : Dispositif de conduite simulée + écran tactile

de pression. La pression a été largement étudiée en tant que modalité d'interaction avec un écran tactile notamment dans le milieu des téléphones mobiles. En effet, une étude de Corsten et al. [1] ont comparé deux techniques de validation le « dwell time (DT) » et le « quick release (QR) ». La première étant un temps d'appui spécifique (ici 500 ms) et la deuxième une pression spécifique (ici 3 N) afin de valider la sélection. Il était demandé aux participants, de sélectionner d'un élément sur une liste et d'appuyer en utilisant une des deux techniques afin de valider la sélection. Le but principal de cette étude était de démontrer que le « quick release » pouvait être aussi performant et fiable que le « dwell ». Les résultats ont de ce fait montré que : le QR est aussi fiable que DT (97,6% contre 97,2% de succès). De plus, QR était aussi la technique la plus rapide et la plus préférée par les utilisateurs, d'où l'intérêt de rajouter de la pression aux interactions tactiles.

But de l'étude

Nous avons ainsi souhaité reprendre ces deux techniques d'interaction couplées au retour vibrotactile et visuel afin de les comparer entre eux, mais également à l'entrée gestuelle tactile par captation capacitive avec et sans retour vibrotactile lors de l'interaction avec un écran tactile en conduite simulée à la fois sur le versant subjectif (charge de travail générée, appréciation, préférence) et sur l'objectif (performances de conduite, comportement du regard, performance à la double tâche). Les données objectives sont en cours de traitement et ne seront, par conséquent pas développés dans ce papier.

Méthode et Procédure

Participants

33 individus ont été recrutés au sein de l'équipementier automobile Valeo Annemasse, 9 femmes et 24 hommes, tous

droitiers. Agées de 21 ans à 63 ans avec une moyenne d'âge de 38 ans \pm 14, tous titulaire d'un permis de conduire avec en moyenne 19 années d'ancienneté. Il faut souligner que les individus recrutés ne sont pas directement en lien avec la conception de ces écrans et peuvent donc être considéré comme des participants lambdas.

Matériel

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé une tâche de simulateur de conduite, le Lane Change Task (Figure 1) [2], un écran secondaire placé à la droite du conducteur (Figure 2) afin de répliquer une interface tactile présente en voiture où il était demandé au participant d'effectuer une tâche en parallèle de la conduite, un eye tracker (Fovio) et une version auditive de la tâche d'OSPAN qui a été utilisée afin d'induire une charge cognitive élevée. Il était donc demandé aux participants de répondre par vrai ou faux aux calculs mentaux énoncés ou de retenir un mot afin de le restituer une fois demandé cela en parallèle de la conduite. Nous avons également utilisé deux questionnaires subjectifs : le DALI une version appliquée du NASA-TLX au domaine automobile [4] et à l'utilisation d'écran tactile permettant d'évaluer le niveau de charge mentale à travers plusieurs versants tel que l'exigence mentale, physique, tactile la performance et un questionnaire subjectif permettant d'évaluer l'intérêt, la confiance portée, l'appréciation, l'agacement, l'interférence du retour vibrotactile par rapport au retour visuel seul.

Variables indépendantes

Les quatre variables indépendantes étaient : le type de feedback divisé en deux modalités : haptique et visuel et visuel seul, la charge cognitive à deux niveaux : faible et élevée, les trois modes d'interactions couplés au feedback :



Figure 3 Tâche de slider

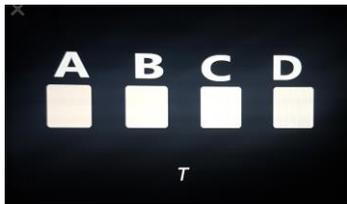


Figure 4 Tâche de push

i)Capacitif (Feedback se déclenche au contact avec le bouton tactile), ii) Pression (feedback se déclenche au-dessus d'une certaine force de pression), iii) Minuteur (feedback se déclenche au-delà d'un certain temps d'appui) et finalement, le type de tâche secondaire, le slider ou les push Tâches

Il était demandé aux participants d'effectuer deux tâches en inter sujets : en slider (Figure 3) ou en push (Figure 4). Pour le slider il était demandé au participant de faire glisser le curseur vers une cible, d'appuyer pour ouvrir une fenêtre et pour les push, les participants devaient recréer une suite de lettres en appuyant sur le bouton correspondant et finalement de valider son essai en appuyant sur un bouton mécanique placé sur le côté de l'écran dans les deux cas. Ces deux tâches ont été privilégiées, car elles reproduisent les actions souvent réalisées en conduite.

Procédure

L'expérience comprenait quatre grandes parties (Figure 5) et se déroulait comme suit : le formulaire de consentement, La calibration de l'eye tracker Fovio s'est fait avant chaque grande partie où le participant devait fixer quatre points sur l'écran du simulateur afin de permettre de fixer les limites de l'écran. De plus, il y avait un entraînement avant le début de chaque grande partie afin de s'assurer de la bonne compréhension des consignes. La première et la quatrième partie qui consistait en la conduite seule, il était demandé au participant de conduire dans le simulateur du LCT.

À l'issue de chaque partie, il était demandé au participant de remplir un questionnaire de DALI. Ensuite, pour la deuxième et troisième partie, il était demandé au participant de conduire et d'effectuer en parallèle une tâche sur l'écran tactile. Cette partie était découpée en quatre essais si le

participant était en condition push afin d'évaluer les quatre conditions d'interaction: pression, minuteur, capacitif et visuel ou en trois parties pour le slider : pression, minuteur et visuel, enfin pour la troisième partie la tâche d'OSPAN imposait en plus une charge cognitive élevée lors de la réalisation de ces différentes tâches.

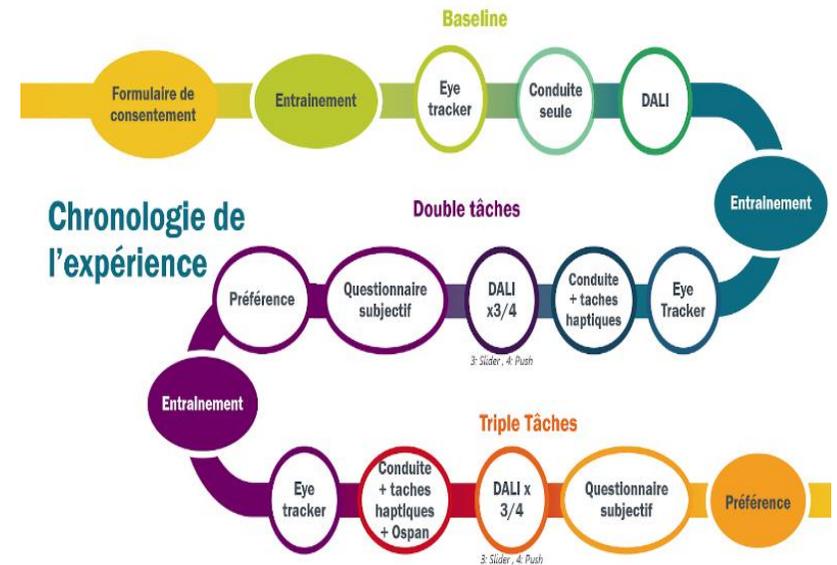


Figure 5 Déroulement de l'expérience

Résultats

Les données objectives recueillies lors de cette étude étant en cours de traitement, nous présenterons uniquement les résultats subjectifs. Les analyses ont été réalisées à l'aide de l'outil statistique Statistica® en prenant pour valeur statistique un p de .05 comme critère de significativité.

DALI

Une Anova à mesures répétées a été faite sur les données centrées réduites ($\frac{x-\mu}{\sigma}$) a mis en exergue un effet significatif du niveau de charge cognitive sur la notation au DALI : $F(2,18) = 15,469$, $p < 0,05$ pour le slider (Figure 6) et $F(2,18) = 15,18$, $p < 0,05$ pour les push (Figure 7). Cependant il n'y a eu aucun effet significatif du mode d'interaction sur cette notation.



Figure 6 Scores au Dali pour la tâche de slider



Figure 7 Scores au DALI pour la tâche de push

Questionnaire subjectif

Le questionnaire a permis de montrer que le retour haptique et visuel était jugé comme plus fiable, apprécié, préféré, informatif et sécuritaire et moins interférent ou agaçant en conduite par rapport au retour visuel seul.

Préférence

Nous avons comparé les scores de préférences entre eux en utilisant le test de Wilcoxon en comparaison de deux séries appariées. Nous avons comparé pour chaque condition de charge cognitive et chaque tâche (slider et push). Les différences significatives étaient, en condition slider en double et en triple tâche : la pression vs le visuel $Z = 2,82$, $P < 0,05$ et $Z = 2,95$, $p < 0,05$ et la pression vs le minuteur avec $Z = 2,19$, $p < 0,05$ et $Z = 2,63$, $p < 0,05$. Les participants préféraient ainsi la pression par rapport aux autres modes. En condition push une seule différence significative a été observée entre le capacitif avec retour vibrotactile et visuel et le minuteur en triple tâche pour le push avec $Z = 2,66$, $p < 0,05$ (Figure 8). Les participants ont ainsi préféré le capacitif en triple tâche.

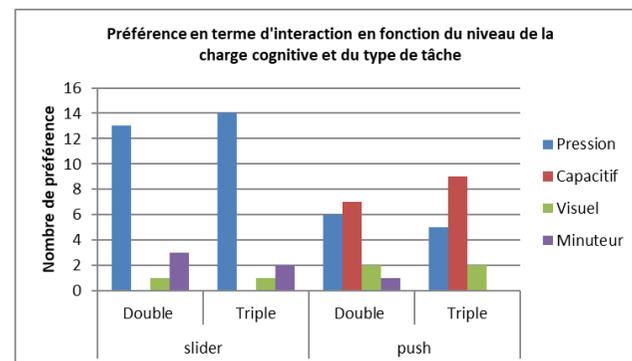


Figure 8 Scores de préférence en termes d'interaction

Conclusion

Les résultats ont montré un effet de la charge cognitive sur la notation du DALI de manière générale ce qui conforte dans l'idée d'une augmentation de la charge cognitive avec l'ajout de tâches en parallèle de la conduite (tâche secondaire et

OSPAN). Cependant, nous n'avons pu ressortir d'effet du mode d'interaction avec la charge mentale. Il semblerait que les différences perçus consciemment soient trop subtiles pour être transcrites dans le DALI. Cela pourrait être dû à l'absence d'une adaptation dynamique du seuil de pression en fonction de la charge cognitive. En effet, le seuil de pression utilisé ici était de 3 N, cependant ce seuil a été défini en condition stationnaire. De plus, l'utilisation d'un environnement de conduite simulée et d'une tâche secondaire abstraite impose certaines limites à cette étude. Les utilisateurs peuvent modérer leur charge de travail visuelle et leur comportement de conduite différemment pendant la conduite d'un vrai véhicule et plus les tâches embarquées dans le véhicule peuvent avoir un effet disproportionné sur les performances de conduite. Par exemple, l'utilisation d'un système de navigation peut entraîner une augmentation de 80% de l'écart latéral [5]. Il est intéressant pour d'éventuelles études de tester un seuil différent en fonction de la charge cognitive.

Les réponses subjectives indiquent que les participants ont exprimé un plus grand penchant et étaient plus confiants dans l'utilisation de l'écran tactile avec rétroaction haptique activée. Comme les participants sont d'accord sur le fait que les retours haptiques rendent l'écran tactile plus fiable, informatif et plus agréable à utiliser, la rétroaction haptique améliore l'expérience utilisateur et augmente le confort du conducteur en termes de performances, mais également en termes d'interférence combinée de la conduite et des interactions tactiles. Cette analyse sera à posteriori couplée avec les données objectives telles que la performance au LCT afin d'affirmer ou d'infirmer le bénéfice du retour haptique. De plus, ce résultat va dans le même sens que ceux de Ng et al (2016) qui rapportent également que les participants ont subjectivement préféré la rétroaction vibrotactile pour tous

trois techniques d'entrée en dépit de seulement des petites différences de performances.

Le score de préférence en termes de mode d'interaction avec l'écran tactile démontre pour le slider une nette et significative préférence pour le mode pression. Ceci peut être expliqué par le fait que la pression permet un meilleur contrôle du curseur et donc diminue le nombre d'erreurs à la tâche secondaire. Cependant, cette tendance ne se maintient pas dans la condition push. Cela pourrait d'abord être expliqué notamment par la nature différente de la tâche.

Perspectives futures

Ces résultats montrent une première ébauche de l'analyse de cette étude sur le versant subjectif uniquement. À terme de l'analyse nous souhaitons y intégrer des mesures objectives tel que la déviation moyenne en terme de temps et de distance au parcours du LCT, la fréquence du regard porté sur l'écran tactile, le temps passé à regarder chacun des deux écrans, le nombre de réussites et d'échecs à la tâche secondaire, le temps de réaction pour effectuer la tâche secondaire et la performance à la tâche en fonction des différentes modalités d'interaction.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué à l'aboutissement de ce travail, notamment les ingénieurs de Valeo pour leur soutien technique lors de la mise en place du matériel utilisé.

Bibliographie

1. Corsten, C., Daehlmann, B., Voelker, S., & Borchers, J. (2017, May). BackXPress: Using back-of-device finger pressure to augment touchscreen input on smartphones. In Proceedings of the 2017 CHI

- Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 4654-4666). ACM.
2. Mattes, S. (2003). The lane-change-task as a tool for driver distraction evaluation. *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*, 57.
 3. Ng, A., & Brewster, S. A. (2016, October). Investigating Pressure Input and Haptic Feedback for In-Car Touchscreens and Touch Surfaces. In *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 121-128). ACM.
 4. Pauzié A. & Pachiaudi G., 1997, Subjective evaluation of the mental workload in the driving context, in " *Traffic & Transport Psychology : Theory and Application* " , T. Rothengatter & E. Carbonell Vaya (eds.), pp 173-182, Pergamon
 5. Pitts, M. J., Skrypchuk, L., Wellings, T., Attridge, A., & Williams, M. A. (2012). Evaluating user response to in-car haptic feedback touchscreens using the lane change test. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2012, 2.
 6. Van Erp, J. B., Werkhoven, P., & Werkhoven, P. (2006, October). Validation of principles for tactile navigation displays. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 50, No. 16, pp. 1687-1691). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
 7. Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical issues in ergonomics science*, 3(2), 159-177.