

UTILISATION DU SMARTPHONE EN
CONDUITE MANUELLE ET AUTOMATISEE

LOT2 : ETUDE DES ACTIVITES DE VIE A BORD EN TERMES
D'ENGAGEMENT ET DE DESENGAGEMENT — RAPPORT FINAL



Table des matières

Resumé	4
Introduction	5
1. Objectif	7
2. Matériel et méthode	9
• Participants	9
• Equipement (reprise du livrable protocole)	9
• Matériel (reprise du livrable protocole)	10
Support d'informations de navigation	10
Support pour les Non-driving-related tasks et le remplissage des questionnaires	10
3. Acquisition et analyse des données	12
4. Résultats	14
• Données sur le comportement et la conduite	14
• Mesures subjectives de l'engagement	16
5. Discussion	20
• Principaux résultats	20
• Limites de l'étude	22
6. Conclusion	24
7. References	25

Table des figures

FIGURE 1 : RAPPEL DE L'ILLUSTRATION DES DIFFÉRENTES APPROCHES DE LA TRANSITION DE CONTRÔLE (JAUSSEIN ET AL., 2021).....	6
FIGURE 2 : ILLUSTRATION DU SIMULATEUR DE CONDUITE UTILISÉ POUR L'EXPÉRIMENTATION	9
FIGURE 3 : INTERFACE DE COMMUNICATION DU SYSTEME VIA L'ECRAN CENTRAL	10
FIGURE 4 : ILLUSTRATION OF THE NDRTS (READING AN ARTICLE, WATCHING A VIDEO AND PLAYING AT THE TETRIS GAME)	11
FIGURE 5 : ILLUSTRATION DES EFFETS DU TYPE DE TÂCHE SUR LE NOMBRE DE REGARDS VERS LA ROUTE PENDANT LE NDRT (A), L'ÉCART-TYPE LONGITUDINAL APRÈS LA PRISE DE CONTRÔLE (B) ET LA TENDANCE À MANIPULER LE SMARTPHONE APRÈS LA PRISE DE CONTRÔLE (C)	15
FIGURE 6 : ILLUSTRATION DE L'EFFET DU TYPE DE TÂCHE SUR LE TEMPS ENTRE LA DEMANDE DE PRISE DE CONTRÔLE ET LE DÉCLENCHEMENT DU SMARTPHONE (A), LE TEMPS POUR REGARDER LA ROUTE (B) ET LE TEMPS POUR ATTEINDRE LA DÉSACTIVATION DU SYSTÈME (C)	16
FIGURE 7 : ILLUSTRATION DE L'EFFET DU NIVEAU D'ENGAGEMENT DANS LA TÂCHE SUR LE TEMPS DE DÉCLENCHEMENT DU SMARTPHONE (A) ET LE TEMPS DE POSE D'UNE MAIN SUR LE VOLANT(B)	17
FIGURE 8 : ILLUSTRATION DE L'EFFET DU TYPE DE TÂCHE SUR LA GÊNE RESSENTIE DU QUESTIONNAIRE D'INTERRUPTIBILITÉ (A) ET SUR L'EFFORT DÉCLARÉ DE L'ÉCHELLE NASA-TLX (B)	18
FIGURE 9: ILLUSTRATION DE L'UTILISATION DE DIFFÉRENTES VARIABLES POUR MESURER L'ÉTAT DU CONDUCTEUR À CHAQUE PHASE DE TRANSITION SELON LE MODÈLE DE JAUSSEIN ET AL. (JAUSSEIN ET AL., 2021)	22

Table des tableaux

TABLEAU 1 : DESCRIPTION DES VARIABLES.....	13
TABLEAU 2 : CORRÉLATION DE PEARSON ENTRE LES VARIABLES COMPORTEMENTALES ET DE CONDUITE	14

RESUME

L'abondante littérature sur le sujet de la reprise en main d'un véhicule hautement automatisé illustre les enjeux de cette nouvelle action de conduite. L'approche très souvent technocentrée est dominée par un modèle de reprise en main centré sur les états du système. Dans ce livrable, nous montrons l'importance de la prise en compte du facteur humain lors de cette nouvelle action de conduite que nous étudions en fonction des variations des mécanismes d'engagement au fur et à mesure de la transition de contrôle. Nous définissons trois étapes principales vécues par le conducteur : l'état d'engagement dans une tâche non liée à la conduite, puis celui de désengagement de cette même tâche, pour enfin passer à un réengagement dans la tâche de conduite. Lors d'une expérience sur un simulateur de conduite, des situations de reprise de contrôle après des phases d'automatisation de la conduite ont été vécues par 44 participants. Un panel de mesures est utilisé afin d'évaluer chacun des états vécus par le conducteur. Les résultats montrent que le type de tâche influence les stratégies d'interruption choisies par le conducteur lors de la reprise de contrôle. Ils montrent également que le déroulement de la phase de désengagement a plus d'influence sur la qualité de la reprise que la phase d'engagement dans la tâche. Cependant, les participants les plus engagés dans leur tâche non liée à la conduite sont ceux qui ont les temps de réaction les plus courts lorsqu'une demande de reprise en main retentit. Ces résultats montrent la distinction entre réagir et être pleinement engagé dans une nouvelle tâche.

INTRODUCTION

Dans la littérature scientifique actuelle sur la conduite hautement automatisée, un schéma récurrent d'analyse des phases de transition entre le système et le conducteur est observé en conditions simulées. Le conducteur est confronté à une situation routière critique, voire très critique, pour laquelle il devra apporter une réponse en quelques secondes afin d'éviter un accident mortel (Naujoks et al., 2018 ; Zhang et al., 2019). Avant cet événement, il aura été plongé dans une ou plusieurs tâches non liées à la conduite (NDRT) qui auront nécessité toute son attention. De la même manière que le modèle expérimental utilisé est souvent le même, les analyses réalisées pour évaluer les performances de reprise en main du conducteur après une phase d'inattention sont également redondantes (Weaver & DeLucia, 2020). Tout d'abord, différents temps de réaction sont enregistrés. Ils fournissent des informations sur le temps qu'il a fallu au conducteur pour réagir à la demande de reprise en main. Cela inclut le temps qu'il a fallu au conducteur pour poser les mains sur le volant, le temps qu'il a fallu au conducteur pour regarder la route ou le temps qu'il a fallu au conducteur pour actionner la bonne pédale (frein ou accélérateur, selon la situation). En plus de ces mesures de temps, des mesures qualitatives sont également enregistrées. Il s'agit de mesures de conduite enregistrées sur les quelques centaines de mètres suivant la reprise en main, comme la trajectoire du véhicule, la variation de l'accélération ou du freinage. Ce qu'il est intéressant de noter dans ces études sur la reprise en main, c'est l'importance accordée à la mesure humaine qui est souvent secondaire. En effet, si l'on considère l'ensemble des études qui se sont intéressées à cette situation de conduite, peu d'entre elles évaluent les données comportementales ou cognitives et les considèrent comme des déterminants de la performance de la reprise en main (Jaussein et al., 2021). Deux raisons peuvent être avancées pour comprendre ce fait. La première est que l'explosion des recherches sur ce sujet a été portée par l'arrivée de la technologie. Les études sont donc majoritairement techno-centrées : elles tentent de répondre à des questions sur l'efficacité ou la robustesse d'une fonction technologique dans différentes situations de conduite. La seconde est liée au haut niveau de criticité des scénarios construits. Très souvent, le scénario ne propose qu'un seul type de situation au conducteur, qui est toujours critique : il ne dispose que de quelques secondes (3 à 8 secondes) pour prendre le contrôle du véhicule. Dans ce contexte, les comportements sont assez homogènes car l'homme fonctionne de manière similaire dans des situations très dégradées. Or, nous savons aujourd'hui que l'environnement routier est diversifié. Nous savons également que les situations de prise de contrôle ne seront pas critiques tout le temps, ou même pas très souvent, car la meilleure option sera probablement de programmer une manœuvre automatique qui mettra le véhicule en sécurité lorsqu'une situation critique se produira. Lu et al. ont construit une échelle qui illustre la diversité des cas que le conducteur va rencontrer (Lu et al., 2016). Ils défendent

l'importance de considérer le facteur humain pour mieux définir et comprendre cette interaction entre l'Homme et la Machine.

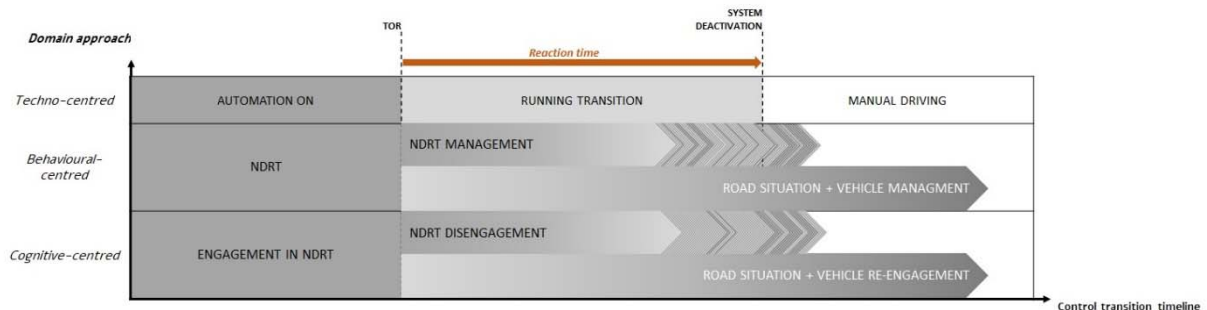


FIGURE 1 : RAPPEL DE L'ILLUSTRATION DES DIFFÉRENTES APPROCHES DE LA TRANSITION DE CONTRÔLE (JAUSSEIN ET AL., 2021)

Dans notre étude, nous nous concentrons sur la transition du contrôle du point de vue du facteur humain. Nous distinguons différentes étapes de la transition en fonction de l'évolution des mécanismes d'engagement des conducteurs dans les NDRT et nous leur attribuons différentes mesures. Dans cette étude, nous considérons le cas où le conducteur s'engage dans un NDRT lorsque le mode autonome est activé. Nous distinguons trois états principaux du conducteur en concurrence avec les états du système utilisés pour modéliser une phase de transition (Figure 1). Premièrement, le conducteur est engagé dans un NDRT. Lorsqu'il reçoit une alerte indiquant qu'une reprise en main est nécessaire, le conducteur entame deux phases simultanées : le désengagement du NDRT et l'initiation d'un réengagement dans la situation routière et donc l'activité de conduite. Lorsque le désengagement du NDRT est terminé, le réengagement dans la situation routière atteint son état complet. En partant de l'hypothèse que ces phases sont progressives et indépendantes de l'état du système, il semble essentiel de collecter des mesures spécifiques à ces différents états du conducteur en plus de celles rapportées par le système.

Certaines études antérieures ont identifié les mécanismes d'engagement dans le NDRT comme des facteurs importants de la performance de la prise de contrôle (Ko & Ji, 2018 ; Louw et al., 2019 ; Tanshi & Söffker, 2019 ; Wandtner, Schömig, et al., 2018a). Ces études ont utilisé différentes manières d'explorer l'engagement dans le NDRT. Certaines d'entre elles ont eu recours à une évaluation subjective du niveau de charge de travail, d'autres ont utilisé la théorie de l'interruptibilité pour l'explorer (Befelein et al., 2018 ; B. C. Lee & Duffy, 2015 ; Roche et al., 2019) ou ont combiné différentes variables de comportement à bord (Wandtner, Schmidt, et al., 2018 ; Wandtner, Schömig, et al., 2018b ; Wu et al., 2020 ; Yoon & Ji, 2019) pour étudier les variations de l'engagement en NDRT et son impact sur les performances de conduite. Selon les chercheurs qui s'intéressent à l'impact du stress sur la performance, l'engagement dans la tâche est l'un des facteurs clés. Ils l'ont donc étudié

et construit une échelle de mesure basée sur les variations de trois sous-facteurs : l'éveil énergétique, la concentration et la motivation. Une combinaison de ces différentes mesures de l'engagement dans la tâche a été testée dans une précédente étude pilote. Les mesures de l'interruptibilité, de la charge de travail et de l'engagement dans la tâche telles que définies par Matthews et al. dans leurs travaux ont été combinées dans cette étude (Matthews et al., 1999). Cette combinaison semble donc être un indicateur intéressant à utiliser pour évaluer l'effet de différents types de tâches sur l'engagement du conducteur, qui détermine de manière significative son état au moment d'une reprise en main.

Les mesures de l'engagement et du désengagement sont donc issues de deux travaux distincts : une revue de la littérature qui a permis d'identifier les études utilisant des variables liées au comportement ou à la cognition des conducteurs pour étudier les situations de reprise en main en conditions simulées (Jaussein et al., 2021a) ; et une étude pilote dont l'objectif était d'étudier la pertinence de différents facteurs d'engagement ou co-variables connus et de déterminer leur compatibilité avec notre recherche (Jaussein et al., 2021b). Le résultat de ce travail est constitué des variables dépendantes décrites ci-dessous.

1. OBJECTIF

L'objectif de cette étude est de proposer une analyse et une compréhension plus approfondies du rôle du facteur humain dans la réalisation d'une transition de contrôle entre un véhicule hautement automatisé et un conducteur engagé dans le NDRT. Le cadre théorique est construit selon l'implication des mécanismes d'engagement, de désengagement et de réengagement dans cette action, déterminant l'état cognitif dans lequel se trouveront les conducteurs lorsqu'ils devront reprendre le contrôle de leur véhicule. Notre concept met l'accent sur le caractère progressif d'une transition de contrôle d'un point de vue cognitif, contrairement à la description existante plus classique et techno-centrée. En effet, d'un point de vue technologique, trois phases principales se succèdent : le système est d'abord en mode autonome, puis, à partir d'un moment donné déclenché par une alarme, il passe dans un mode de transition où il est toujours en contrôle mais attend que le conducteur reprenne le contrôle du véhicule, et enfin il se termine par la désactivation du mode autonome et entre dans un état de délégation du contrôle au conducteur. Du point de vue humain, il n'est pas raisonnable de considérer les processus cognitifs impliqués uniquement en termes de phases successives du système. En effet, le désengagement du NDRT en cours puis le réengagement dans la tâche de conduite sont chacun des processus distincts et progressifs qui peuvent même être juxtaposés pendant un certain temps. Ainsi, il est nécessaire d'aller au-delà des mesures techniques (notamment temps et conduite) du système, qui restent indispensables, pour une analyse complète

de la transition de contrôle. Nous proposons à travers cette expérimentation sur simulateur de conduite d'étudier la transition de contrôle en considérant l'impact des NDRTs sur la capacité du conducteur à s'en désengager pour se réengager dans l'activité de conduite. En particulier, nous étudierons s'il existe des variations d'engagement en fonction de différents paramètres tels que le type de tâche, sa difficulté ou la motivation intrinsèque du participant.

Plus précisément, notre approche se base sur les trois étapes des processus d'engagement identifiés par nos travaux sur la transition du contrôle (voir le niveau "cognitif-centré" des domaines dans la figure ci-dessous).

2. MATERIEL ET METHODE

- Participants

44 participants (23 hommes, 19 femmes) d'un âge moyen de 37 ans ont participé. Tous étaient des conducteurs expérimentés ayant plus de 3 ans de permis. Les habitudes de conduite allaient de peu fréquentes à quotidiennes. 50 % ont déclaré conduire tous les jours, 32 % plusieurs fois par semaine et 18 % très rarement. Les données de quatre participants ont été exclues de l'analyse en raison d'un dysfonctionnement du système de simulation ou du simulateur.

- Equipement (reprise du livrable protocole)

Le simulateur de conduite qui a été utilisé se compose d'une cabine de Peugeot 308 instrumentée à l'aide de capteurs installés sur les organes de commandes et utilise le bus de communication (bus CAN) du véhicule pour traiter les informations du tableau de bord. La projection de la simulation est réalisée à l'avant sur 5 écrans formant un angle de 180°, 2 écrans à l'arrière pour les vues latérale droite et arrière, ainsi que des écrans pour les rétroviseurs latéraux. Un système de restitution quadriphonique placé dans la cabine permet de diffuser les sons du véhicule (moteur, roulement, frottement, démarreur, ...) et les sons externes spatialisés comme le bruit trafic. Un autre système de diffusion 5.1 disposé à l'extérieur de l'habitacle permet de diffuser les ambiances sonores (villes, campagne, etc.). Le simulateur est basé sur l'architecture OSGSIM2, qui s'appuie sur le modèle de trafic ARCHISIM de PICS-L. OSGSIM2 Intègre des outils d'aide pour la création des différents composants informatiques (bases de données ou fichiers) nécessaires à la description de l'environnement et du déroulement des expérimentations.

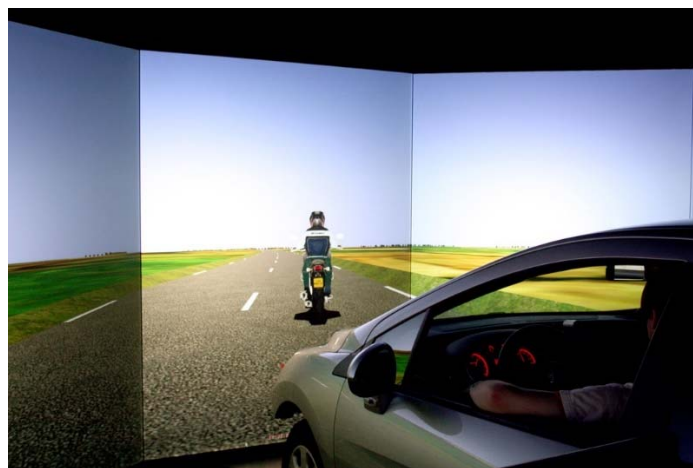


FIGURE 2 : ILLUSTRATION DU SIMULATEUR DE CONDUITE UTILISÉ POUR L'EXPÉRIMENTATION

- Matériel (reprise du livrable protocole)

Support d'informations de navigation

Les informations de navigation sont communiquées par l'intermédiaire d'un écran central qui est une tablette tactile Windows ajoutée au centre du tableau de bord. Une interface relativement neutre a été choisie. Un pictogramme permet au participant de savoir quand la voiture est en mode manuel ou en mode autonome (Figure 3). L'interface communique également la possibilité au participant de déléguer le contrôle au système lorsque l'environnement routier est jugé compatible. Enfin, lorsqu'une reprise en main approche, une alerte apparaît également sous forme de pictogramme, spécifiant la raison (sortie d'autoroute, travaux détectés, obstacle sur la route). Chaque événement est accompagné d'un son qui lui est propre. Pour lancer le mode autonome, le participant doit toucher le pictogramme de l'écran central lui indiquant que le mode autonome est disponible. Une fois le mode autonome activé, le pictogramme de mode autonome activé s'affiche.



FIGURE 3 : INTERFACE DE COMMUNICATION DU SYSTEME VIA L'ECRAN CENTRAL

Support pour les Non-driving-related tasks et le remplissage des questionnaires

Les participants seront invités à remplir un questionnaire avant de commencer la simulation et un questionnaire après avoir effectué tous les scénarios. Ces questionnaires de pré-simulation et de post-simulation seront remplis sur un ordinateur dans une salle annexe. D'autres questionnaires seront à remplir pendant la phase de passation (jamais en roulant, toujours lors de pauses effectuées en s'arrêtant sur le bas-côté). Les NDRTs et le remplissage des questionnaires pendant les scénarios seront réalisés sur un smartphone Huawei avec un écran de 5.97 pouces. Pendant les phases de délégation de conduite, il sera donc demandé aux participants de réaliser différentes activités (Figure 4) qui ont été identifiées comme faisant partie des plus courantes dans cette situation. Trois grands types d'activités, toute sur smartphone seront réalisées par l'ensemble des participants :

- La lecture d'un ou plusieurs articles à disposition en format pdf (un article de vulgarisation scientifique sur les mécanismes psychologiques de la peur, un autre sur le moustique tigre et un troisième sur le déroulement de la catastrophe de Tchernobyl) ;
- Le visionnage d'une vidéo documentaire de la série française Arte « Tu mourras moins bête » ;

- Le jeu vidéo Tetris en mode facile et en mode difficile sur l'application mobile « TetrisGame » reproduisant l'interface classique du jeu Tetris.

La lecture des articles était au choix, les participants auront pour consignes de lire pendant la phase de délégation de conduite.



FIGURE 4 : ILLUSTRATION OF THE NDRTS (READING AN ARTICLE, WATCHING A VIDEO AND PLAYING AT THE TETRIS GAME)

Un temps de présentation du smartphone, de son utilisation et des activités est prévu au début de l'expérimentation afin de permettre au participant de prendre en main le support.

3. Acquisition et analyse des données

Les variables indépendantes étaient le type de NDRT (lecture, vidéo, Tetris Easy, Tetris Difficult), la manœuvre de récupération attendue (ligne droite avec dépassement, virage, arrêt avant la manœuvre). Les variables dépendantes sont multiples car une combinaison de variables de comportement à bord, de conduite et de rapport au questionnaire a été enregistrée. Elles sont rapportées et détaillées dans le tableau 1. Les variables de regard, les variables temporelles liées aux mouvements des bras du conducteur (manipulation du smartphone, toucher l'écran central, poser les mains sur le volant) sont issues d'un codage vidéo manuel. Le reste des variables est dérivé des données du simulateur.

Comme présenté dans la première section, le DSSQ contient trois échelles principales : Engagement dans la tâche, Inquiétude et Détresse. Dans notre étude, qui vise à évaluer l'engagement dans la tâche, et en accord avec les résultats obtenus dans une étude pilote précédente, seules les parties du DSSQ qui concernent l'engagement dans la tâche ont été administrées aux participants (Jaussein et al., 2021a). Les sous-facteurs d'engagement étaient l'éveil énergétique, la motivation et la concentration et correspondaient à 30 items. Le DSSQ a été administré en trois étapes : d'abord, dans le questionnaire pré-simulateur, les participants ont répondu à la partie sur l'excitation énergétique, puis, après chaque session, le participant a répondu à la partie sur la motivation et enfin, à la partie sur la concentration pour chaque type de tâche. Un calcul basé sur les travaux de Matthews appliqué à ces trois facteurs a donné un niveau final d'engagement dans la tâche (Matthews et al., 1999). Le niveau d'interruptibilité subjective de chaque tâche a été évalué par le participant à l'aide d'un questionnaire à 5 questions testé dans notre étude pilote précédente (Jaussein et al., 2021b). Chaque réponse était donnée sur une échelle de Lickert à cinq points allant de "Pas du tout" à "Extrêmement". Les items interrogeaient les participants sur la perturbation, le respect et la gêne. Cette conception pour mesurer à quel point les participants se sont sentis perturbés par l'alerte s'inspire de recherches antérieures (Fogarty et al., 2005 ; Kern & Schiele, 2006).

Un score d'interruptibilité a donc été calculé. Le questionnaire NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988) est souvent utilisé pour mesurer l'engagement dans la tâche lors de NDRT au cours de HAD (Clark & Feng, 2017 ; S. C. Lee et al., 2020 ; Roche et al., 2019). Il a été administré au participant à la fin de chaque session et le participant a reçu l'instruction de répondre à chaque item concernant la dernière NDRT réalisée.

So, an interruptibility score was calculated. The NASA-TLX questionnaire (Hart & Staveland, 1988) is often used to measure task engagement in NDRT during HAD (Clark & Feng, 2017; S. C. Lee et al.,

2020; Roche et al., 2019). It was administrated to the participant at the end of each session and the participant was instructed to answer to each item regarding the last NDRT realised.

<i>Variable Type</i>	Dependent variable	Description
<i>On-board behaviours</i>	Gaze_road	Number of gazes at the road during NDRT
	Gaze_CS	Number of gazes at the CS during NDRT
<i>Take-over times</i>	Gaze_NDRT	Number of gazes at the SP for the next minute after a TOR
	Manip_SP	Manipulate or not the SP after TOR (Binary)
	Initiate_SP_release	Time from TOR to first movement to release SM
	SP_released	Time from TOR to smartphone totally released
	Hand_on	Time from TOR to first hand on SW
	Eyes_on_road	Time from TOR to first gaze at the road
	Push_pedal	Time from TOR to first push on the pedal
	Deactivation	Time from TOR to system deactivation
	<i>Take-over quality</i>	Long_StD
Interrpt_level		Mean of the Qr's items with ponderation
<i>NDRT engagement</i>	Tlx_variable	Score of the variable item (i.e., Tlx_frustration)
	DSSQ_TE	Calculation applied to the Qr's items
	Criticality	Answer to the relative question for each TO
<i>Other subjective ratings</i>	Self_performance	Answer to the relative question for each TO
	Self_attention_level	Answer to the relative question

TABLEAU 1 : DESCRIPTION DES VARIABLES

4. Résultats

- Données sur le comportement et la conduite

Pour explorer les différentes données relatives au comportement et à la conduite, nous avons d'abord appliqué une analyse statistique afin d'observer les liens entre elles. Nous avons trouvé plusieurs corrélations qui indiquent leur proximité et aussi une logique générale dans les résultats obtenus par ces variables. Le tableau 2 détaille ces corrélations.

Ces résultats indiquent un lien entre les comportements observables du conducteur et sa performance à reprendre le contrôle du véhicule. Par exemple, le nombre de regards sur la route pendant le NDRT a été corrélé à plusieurs variables comme le temps pour initier le relâchement du smartphone, ce qui indique que plus les conducteurs surveillent l'environnement routier, moins il leur faut de temps pour relâcher le smartphone après la demande de prise de contrôle.

<i>Pearson's Correlations</i>	Initiate_S P_ release	Hand_ on	Eyes_on _road	Push_ pedal	Long_ StD	Deactivation	Gaze_road	Manip_SP
Initiate_SP_relea se	1	,553**	,463**	0,020	,127*	,364**	-,130*	,277**
Hand_on		1	,588**	0,036	,214**	,596**	-,304**	,312**
Eyes_on_road			1	-0,019	,315**	,480**	-,211**	,260**
Push_pedal				1	0,017	0,100	0,023	-0,028
Long_StD					1	,382**	-0,029	,188**
Deactivation						1	-,217**	,173**
Gaze_road							1	,057
Manip_SP								1

TABLEAU 2 : CORRÉLATION DE PEARSON ENTRE LES VARIABLES COMPORTEMENTALES ET DE CONDUITE

Le temps de désactivation est également fortement corrélé à plusieurs variables comme le temps à partir de la demande de prise de contrôle pour initier le relâchement du smartphone, pour poser la main sur le volant, pour regarder la route mais aussi l'écart-type longitudinal, l'occurrence de la manipulation du smartphone après la prise de contrôle du véhicule et le nombre de regards sur la route. Cette dernière variable est négativement corrélée au temps de désactivation. Plus les participants ont regardé la route pendant le NDRT, moins il leur a fallu de temps pour reprendre le contrôle du véhicule. Il semble que le comportement des conducteurs, notamment en ce qui concerne le smartphone, ait une incidence sur leur performance de reprise en main.

EFFET DU TYPE DE TÂCHE

Une légère tendance dans les résultats de l'ANOVA indique que l'écart-type longitudinal a été influencé par le type de tâche, comme le montre la figure 5.B. Le fait de regarder une vidéo est associé à des variations plus importantes des aspects longitudinaux de la conduite ($F(3,283)=2.503$, $p=0.06$). Cependant, il est intéressant de noter que le visionnage de la vidéo est également associé à un nombre plus élevé de regards sur la route. En raison de ces résultats, des ANOVA ont également été utilisées pour tester l'effet du type de tâche sur la tendance à manipuler le smartphone après avoir repris le contrôle du véhicule. Les résultats ont montré que les participants manipulaient davantage le smartphone après les sessions de visionnage de vidéos ($F(3,310) = 14.611, p<.001$) par rapport aux autres NDRTs. En effet, parmi toutes les sessions vidéo réalisées pour l'expérience, il apparaît que les participants ont manipulé le smartphone dans les 30 secondes après avoir pris le contrôle du véhicule dans plus de 80% des cas (Figure 5.C). Dans presque tous les cas, le but de cette manipulation était d'arrêter la vidéo que les participants n'ont pas arrêtée en premier lorsqu'ils l'ont lâché sur le siège passager (la plupart du temps). Deux participants ont gardé le smartphone sur leurs genoux et un autre l'a gardé dans une main tout en prenant le contrôle du véhicule avec l'autre main. La quantité de manipulation du smartphone reste à un niveau élevé pour les cas Tetris (facile et difficile) puisqu'elle se produit dans un peu plus de 50% des cas. Ce qu'il est également important de rappeler, c'est que les participants savaient que peu de temps après une prise de contrôle, l'expérimentateur leur demandera d'arrêter le véhicule pour répondre à un questionnaire. Ils avaient donc une fenêtre proche pour manipuler le smartphone dans de bonnes conditions mais beaucoup de participants n'ont pas attendu cette pause pour le faire.

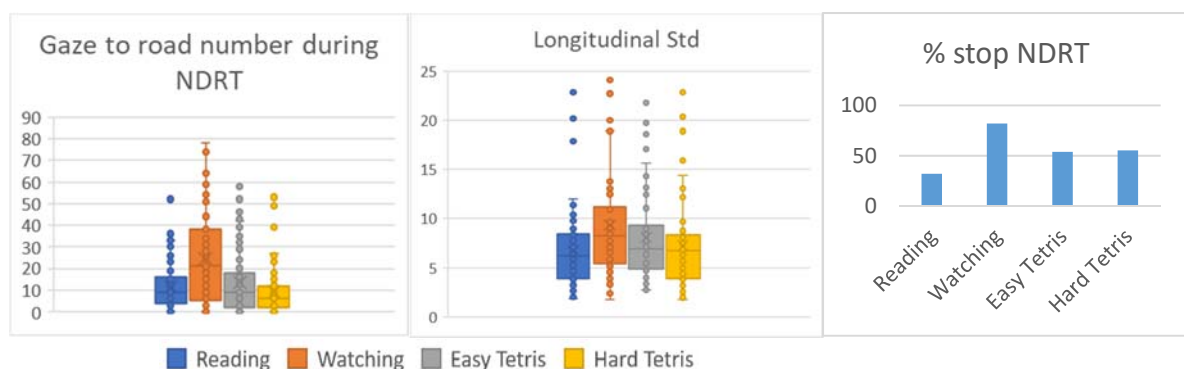


FIGURE 5 : ILLUSTRATION DES EFFETS DU TYPE DE TÂCHE SUR LE NOMBRE DE REGARDS VERS LA ROUTE PENDANT LE NDRT (A), L'ÉCART-TYPE LONGITUDINAL APRÈS LA PRISE DE CONTRÔLE (B) ET LA TENDANCE À MANIPULER LE SMARTPHONE APRÈS LA PRISE DE CONTRÔLE (C)

Il est également intéressant de noter qu'il existe des différences entre les deux types de Tetris. Les sessions de Tetris difficiles ont été associées à de meilleures réponses en termes de timing et de contrôle de la conduite, tandis que les sessions de Tetris faciles (qui ont été évaluées comme) ont

été associées à une déviation longitudinale et à un temps de désactivation du système plus élevés ($F(3,298) = 3,638, p=.013$).

Un effet du type de tâche a également été trouvé sur le temps pour initier le déclenchement du smartphone ($F(3,310)=4.483,p=.004$), sur le temps pour prendre le contrôle ($F(3,310)=3.638,p<=0.013$) et le temps pour poser les yeux sur la route ($F(3,310)=16.63,p<0.001$). Ces deux variables ont montré le même type de résultats en fonction de la tâche : les temps les plus élevés ont été observés après les sessions de tétis facile et ceci a été suivi par le visionnage de vidéo (deuxième plus élevé) puis la lecture. Pour chacune de ces trois variables, un écart plus important entre les résultats de temps a été particulièrement observé entre le tétis facile et le reste du type de tâche (Figures 6.A, 6.B et 6.C).

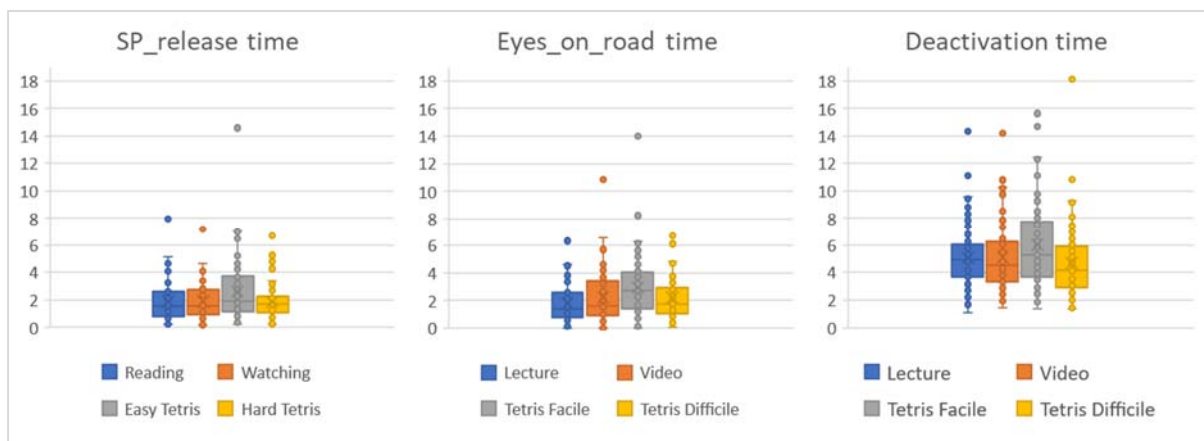


FIGURE 6 : ILLUSTRATION DE L'EFFET DU TYPE DE TÂCHE SUR LE TEMPS ENTRE LA DEMANDE DE PRISE DE CONTRÔLE ET LE DÉCLENCHEMENT DU SMARTPHONE (A), LE TEMPS POUR REGARDER LA ROUTE (B) ET LE TEMPS POUR ATTEINDRE LA DÉSACTIVATION DU SYSTÈME (C)

- Mesures subjectives de l'engagement

En ce qui concerne les liens entre l'échelle d'engagement dans les tâches du DSSQ (DSSQ-TE), l'interruptibilité et la charge de travail, une corrélation générale entre ces variables a été observée. Le DSSQ-TE était fortement corrélé à la charge de travail déclarée ($r = .277, p<.001$) et à la partie du questionnaire d'interruptibilité qui concernait la façon dont les participants se sentiraient si une interruption se produisait pendant le NDRT ($r = .269, p<.001$), quelle que soit la modalité de l'interruption (voix, bip et pop-up sur l'écran central ou seulement un pop-up). Cette partie de l'interruptibilité était également corrélée au niveau de charge de travail de l'échelle nasa-tlx ($r = .145, p=.010$). Les participants ont également évalué un niveau élevé de gêne lorsqu'ils ont déclaré un niveau élevé de charge de travail ($r = .256, p<.001$). Cependant, aucune corrélation n'a été trouvée entre le DSSQ-TE et la question sur l'interruptibilité qui sonde les participants sur le respect de

l'intervention du système qui s'est produite pour demander une prise de contrôle. Ces résultats indiquent que les participants différencient clairement la raison de l'interruption lorsqu'ils la notent.

ÉCHELLE DSSQ D'ENGAGEMENT DANS LA TÂCHE

Un calcul a été appliqué aux échelles primaires d'engagement dans la tâche (TE) (excitation énergétique, concentration et motivation) afin de les normaliser. La variable d'engagement dans la tâche respecte la distribution normale standard ($m = 0,02$). Aucun effet significatif du type de tâche n'a été trouvé sur le TE. Cependant, la préférence (les participants ont été invités à hiérarchiser les tâches de celle qu'ils préfèrent à celle qu'ils préfèrent le moins) a eu un effet sur l'ET ($F(2,311) = 5,441$, $p = .005$). Lorsque la tâche était classée comme la plus attrayante, le TE déclaré par l'échelle DSSQ était le plus élevé.

En raison de la distribution de la variable d'engagement dans la tâche, nous avons décidé d'appliquer une répartition en groupes pour créer quatre groupes d'engagement dans la tâche : groupe à faible engagement, groupe à engagement moyen-faible, groupe à engagement moyen-élevé et groupe à engagement élevé. Les résultats indiquent que l'engagement dans la tâche a eu un effet sur les différents temps de réaction. En effet, les participants qui se sont déclarés les plus engagés dans le NDRT sont ceux qui ont réagi le plus rapidement pour initier le déclenchement du smartphone ($F(3,310) = 9.082$, $p < .001$) mais aussi pour poser leur main sur le volant après une demande de prise de contrôle. Les figures 7.A et 7.B illustrent cette tendance.

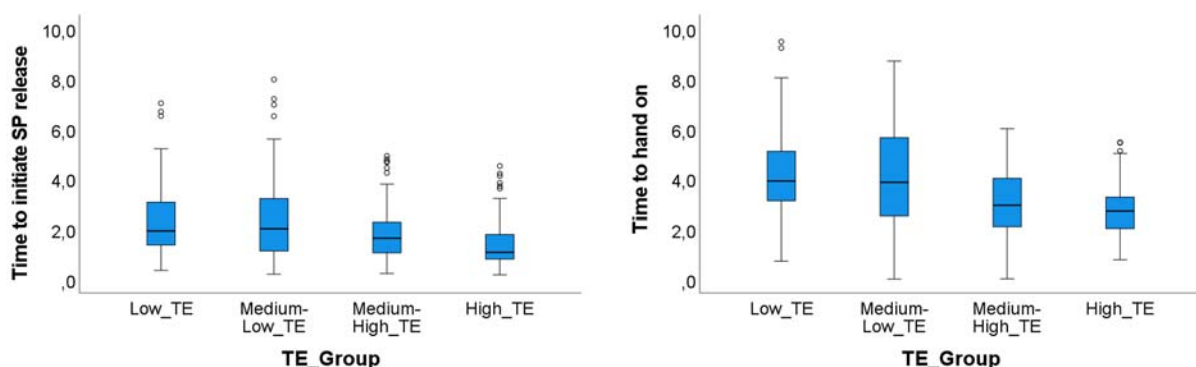


FIGURE 7 : ILLUSTRATION DE L'EFFET DU NIVEAU D'ENGAGEMENT DANS LA TÂCHE SUR LE TEMPS DE DÉCLENCHEMENT DU SMARTPHONE (A) ET LE TEMPS DE POSE D'UNE MAIN SUR LE VOLANT(B)

Deux mesures de l'interruptibilité ont été appliquées. La première concerne l'interruptibilité du NDRT pendant la conduite automatisée. Les participants devaient évaluer dans quelle mesure il aurait été perturbant d'être interrompu pendant le NDRT par une information de navigation. Le deuxième type de question sur l'interruptibilité concerne la perturbation ressentie au moment d'une demande de reprise en main. Ces deux mesures ont été corrélées. Les participants qui ont déclaré qu'ils auraient été fortement perturbés par une information de navigation au cours d'une tâche donnée ont également déclaré avoir été gênés par la demande de reprise en main. Dans ce cas, ils ont également jugé que l'interruption du système n'était pas très respectueuse. Par ailleurs, moins le NDRT était interruptible, moins les participants regardaient la route ou l'écran central et plus les participants mettaient de temps à répondre à la demande de reprise en main. En fait, moins le NDRT était interruptible, plus le temps pour passer la main, pour regarder la route et pour initier la libération du smartphone était élevé (respectivement, $r = .130$, $p = .021$; $r = .115$, $p = .041$; $r = .161$, $p = .004$). Dans le deuxième type de questions sur l'interruptibilité, la gêne ressentie a été influencée par le type de tâche (figure 8.A). En effet, les participants se sont sentis plus gênés après les sessions Tetris faciles et difficiles ($F(3,310) = 4.429$, $p = .005$).

NASA-TLX

Tout d'abord, différentes corrélations ont été trouvées. Plus l'échelle d'effort du NDRT était élevée, plus les participants regardaient la route pendant le NDRT ($r = .196$, $p < .001$). Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que les participants ont augmenté la difficulté de la session NDRT en partageant leur attention entre le NDRT et la supervision de l'environnement routier. Le score général de NASA-TLx a été influencé par le type de tâche. Le NDRT Tetris dur a été évalué avec le niveau de charge de travail le plus élevé ($F(3,310) = 16.777$, $p < .001$).

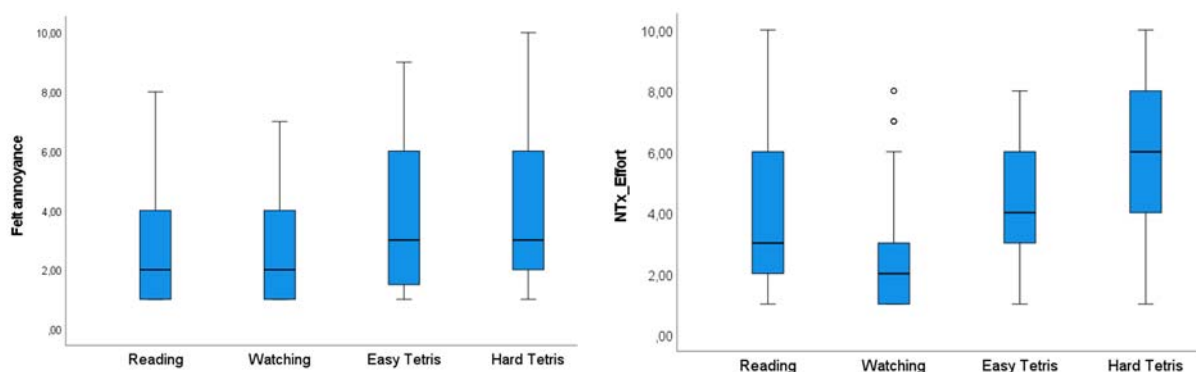


FIGURE 8 : ILLUSTRATION DE L'EFFET DU TYPE DE TACHE SUR LA GÊNE RESSENTIE DU QUESTIONNAIRE D'INTERRUPTIBILITÉ (A) ET SUR L'EFFORT DÉCLARÉ DE L'ÉCHELLE NASA-TLX (B)

L'échelle d'effort a également montré des différences significatives en fonction du type de tâche (figure 8.B). Les scores les plus élevés pour l'effort ont été attribués au NDRT Tetris dur. ($F(3,310) = 28,534$, $p < 0,001$). L'échelle d'effort était également associée à la stabilité longitudinale. De mauvaises évaluations de la performance personnelle étaient associées à des regards élevés vers la route et l'écran central pendant les sessions NDRT (respectivement, $r = -.119$, $p=.035$; $r = -.112$, $p=.048$). La demande temporelle était corrélée à la tendance à manipuler le smartphone après avoir repris le contrôle du véhicule ($r = .122$, $p = .031$).

5. Discussion

La reprise en main d'un véhicule hautement automatisé implique une interaction entre l'homme et la machine dans un environnement en mouvement. Ce transfert de contrôle nécessite que le système effectue la désactivation progressive du mode de conduite autonome tandis qu'en parallèle, le conducteur se prépare à effectuer la prise de contrôle puis reprend effectivement le contrôle du véhicule. Comme exprimé et illustré par notre revue de littérature sur le sujet, les travaux actuels considèrent majoritairement cette action de transition en fonction des états du système et non du conducteur (Jaussein et al., 2021a). Cependant, sans négliger les étapes traversées par le système, nous proposons une approche selon les enjeux humains de la prise de contrôle en considérant les états du conducteur. Nous avons donc construit notre étude selon les trois états principaux vécus par le conducteur lors d'une transition de contrôle : la phase d'engagement dans une tâche non liée à la conduite, la phase de désengagement de cette TNDR pour ensuite se réengager dans la tâche de conduite.

- Principaux résultats

L'un des objectifs de ce travail était de tester l'impact de différents types de NDRT sur les niveaux d'engagement et la performance de reprise en main. Les participants ont continué à manipuler le smartphone à plusieurs reprises après avoir repris le contrôle du véhicule (80% du temps pour la vidéo, plus de 50% du temps pour Tetris, et environ 33% du temps pour la lecture). Ce phénomène a été observé le plus après le visionnage de la vidéo. Les participants ont également montré la plus grande variation de vitesse après la vidéo mais ont regardé l'environnement routier le plus souvent. Les résultats des temps de réaction après la vidéo ne suivent pas le même schéma que la variable du nombre de regards sur l'environnement routier ou la fréquence de manipulation du smartphone. En fait, si l'on considère l'ensemble des temps de réaction en fonction du type de tâche, il apparaît que les temps de réaction après la vidéo sont parmi les plus élevés. En revanche, après la tâche difficile de Tetris, l'écart longitudinal et la plupart des temps de réaction sont les meilleurs, alors que c'est au cours de cette tâche que les participants ont le moins regardé l'environnement routier et se sont déclarés les plus perturbés par l'interruption survenue lors de l'apparition de la demande de prise de contrôle. Il est intéressant de noter que deux principaux types de relations ont été trouvés entre les mesures enregistrées. Premièrement, entre les mesures subjectives et comportementales et deuxièmement, entre les mesures comportementales et de conduite pendant la reprise en main. Des liens ont également été trouvés entre les mesures subjectives et comportementales, mais dans une moindre mesure. Par exemple, le temps pour initier le déclenchement du smartphone était lié à plusieurs autres variables comme les temps de réaction.

Plusieurs points sont à retenir de ces premiers résultats. Tout d'abord, la manipulation du smartphone au volant a un impact sur la qualité de la conduite. Alors que les questionnaires concernant l'interruptibilité ne permettaient pas de distinguer clairement les NDRT, nous observons par la stratégie d'interruption des NDRT qu'il existe d'abord des différences entre les tâches mais aussi qu'elle a un effet sur les variables mesurant la qualité de la reprise en main comme l'écart longitudinal. Ensuite, le niveau de stimulation généré par la tâche semble avoir un effet positif sur les temps de réaction et sur la qualité de la conduite. En effet, plusieurs indicateurs tels que l'effort ressenti lors du NDRT sont associés à une bonne performance de reprise en main. Enfin, nous pouvons également constater que les temps de réaction n'indiquent pas nécessairement que la personne effectue une reprise en main de qualité. Les meilleurs temps de réaction ne sont pas nécessairement suivis des meilleurs comportements envers le smartphone et d'une bonne qualité de reprise en main. Cet ensemble de résultats nous amène à penser que l'engagement dans une tâche n'est pas quelque chose à considérer comme nécessairement négatif pour les situations de transition. D'autre part, ces résultats nous amènent à dissocier le concept d'engagement de celui d'effort d'interruptibilité car les stratégies d'interruption ont montré une indépendance vis-à-vis d'autres indicateurs du niveau d'engagement comme l'effort ressenti.

En effet, la vidéo était associée à la plus faible évaluation de l'effort perçu, aux pires stratégies d'interruption (manipulation du smartphone après avoir repris le contrôle du véhicule) et à une qualité de reprise de contrôle plutôt faible. En revanche, lors du Tetris dur, les participants regardaient très peu l'environnement routier et pourtant réagissaient bien à la demande de prise de contrôle et géraient bien leur véhicule lorsqu'ils reprenaient le contrôle. Deuxièmement, les résultats obtenus en couplant les mesures subjectives aux mesures objectives (comportementales et de conduite) nous amènent à considérer un lien étroit entre le niveau d'engagement dans une tâche et la capacité du conducteur à réagir à une alerte. Dans notre expérience, plus le participant se déclarait engagé dans son NDRT, plus il réagissait rapidement à l'alerte. Il semblerait qu'un niveau élevé d'éveil énergétique, de motivation et de concentration, définis par Matthews et al. comme des facteurs d'engagement, soit bénéfique au maintien d'un état de préparation du conducteur compatible avec le besoin de reprise en main, comme cela a été évoqué précédemment par certains chercheurs (Marberger et al., 2018 ; Young & Stanton, 2002).

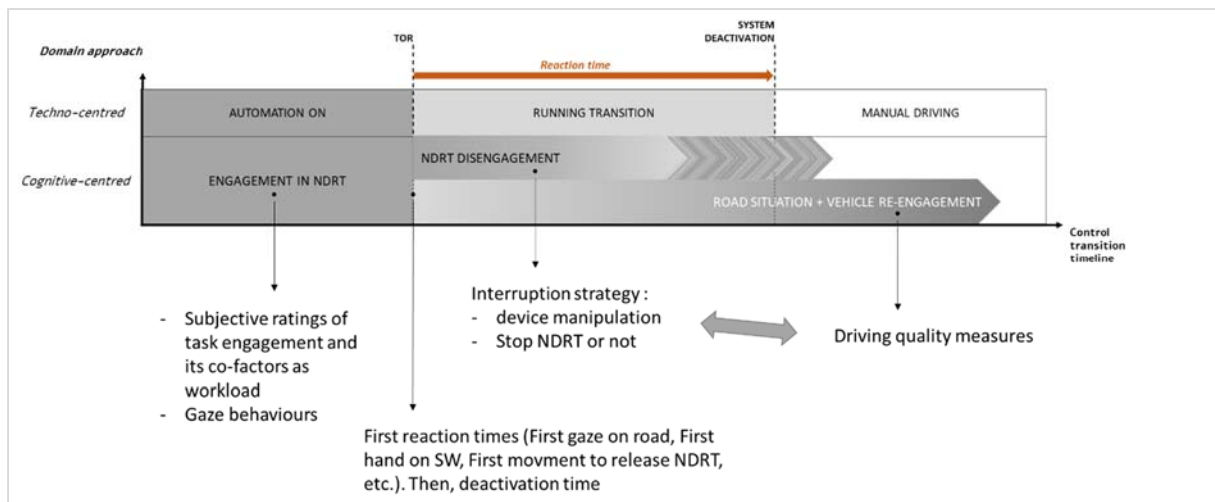


FIGURE 9: ILLUSTRATION DE L'UTILISATION DE DIFFÉRENTES VARIABLES POUR MESURER L'ÉTAT DU CONDUCTEUR À CHAQUE PHASE DE TRANSITION SELON LE MODÈLE DE JAUSSEIN ET AL. (JAUSSEIN ET AL., 2021)

Ainsi, un panel de variables a été utilisé dans notre expérience pour fournir des informations sur chacun des états vécus par le conducteur. Nous avons observé que divers outils de mesure subjectifs et certaines mesures comportementales embarquées, comme le nombre de regards sur la route pendant le NDRT, fournissaient des informations sur les niveaux d'engagement dans la tâche. Le désengagement était davantage observable à travers les mesures du temps de réaction et d'autres mesures comportementales embarquées liées à la manipulation du smartphone à partir de la demande de reprise en main. Enfin, là encore, les mesures comportementales embarquées liées à la manipulation du smartphone couplées à des mesures qualitatives de la conduite (c'est-à-dire le SDLP) ont fourni des informations pertinentes sur le réengagement dans la tâche de conduite. La figure 9 offre une illustration de la distribution de ces variables.

- **Limites de l'étude**

Le panel de participants de notre seconde expérimentation a ses propres limites, en nombre (44 participants) et en caractéristiques. Nous avons fait le choix de ne pas traiter de manière principale les variables d'âge et d'expérience et donc d'exclure les jeunes conducteurs et les seniors des candidatures. Il pourrait être intéressant néanmoins de reproduire les mêmes conditions expérimentales afin d'observer si ces populations présentent des différences dans la gestion de la transition de contrôle. Concernant les conditions expérimentales dans lesquelles se sont déroulées notre expérimentation, la première limite que nous pouvons souligner est l'environnement simulé qui, bien que travaillé et immersif, ne remplace pas pleinement la réalité du terrain. Nos conclusions sont donc à placer dans le cadre simulé et ils seraient bénéfiques de pouvoir les confronter à des situations réelles de transition de contrôle en véhicule hautement automatisé. Ensuite, il faudra bien évidemment élargir le spectre des TVBs réalisées, aussi bien par leur type que par le support sur

lesquelles elles sont réalisées. Si nous avons choisi le smartphone, c'est parce que nous avons considéré qu'il fait partie des enjeux majeurs de notre temps. Cependant, l'impact du support est un sujet d'intérêt. Pouvoir évaluer si des différences de performance de reprise en main sont observées en fonction des supports utilisés pour la TVBs est également un point important à déterminer pour les enjeux proches de l'automatisation. Il serait également intéressant d'ouvrir les TVBs sur un champ plus personnel. Nos TVBs étaient imposées et suscitaient nécessairement des niveaux d'appétence différents. Il pourrait être intéressant de prendre plus finement en compte le niveau d'implication que suscite la tâche en s'intéressant aux aspects émotionnels qu'entraîne cette dernière. Enfin, toujours sur le plan expérimental, la mesure de l'engagement, notamment pas le DSSQ nous a permis d'interpréter certains comportements du conducteur. Néanmoins, nous pensons qu'il serait important d'approfondir ce travail pour identifier d'autres outils pour l'étude des états cognitifs du conducteur de la transition de contrôle. En effet, la particularité de ce moment que traverse le conducteur nécessiterait certainement un outil plus fin, compatible avec la mesure de TVBs et la succession de phases rapprochées. Enfin, la qualité de la conduite au moment de la reprise en main du véhicule reste propre à l'environnement simulé (par exemple, les résultats de freinage que nous avons obtenus sont très forts par rapport aux courbes de freinage standard que nous connaissons de la conduite en conditions réelles). Ainsi, leur mesure en condition réelle pourrait certainement apporter de nouvelles informations.

6. Conclusion

En conclusion, nous pouvons constater qu'au-delà de la tâche elle-même, c'est le niveau d'engagement qui peut conduire à un comportement inapproprié et notamment, contrairement à ce que l'on pourrait penser, dans le cas de faibles niveaux d'engagement. Nous avons également constaté que la préférence pour l'END est un facteur du comportement du conducteur, comme le montre l'effet de la préférence sur le niveau d'engagement déclaré. De ces travaux, nous concluons qu'un niveau élevé d'engagement envers le NDRT est associé à de bons temps de réaction, bien que la surveillance de l'environnement routier soit dans ce cas très faible. En revanche, cela ne garantit pas la qualité de la conduite, qui semble davantage liée à la stratégie d'interruption.

En effet, c'est la manipulation du smartphone qui a principalement un impact sur les performances de conduite lors de la reprise en main. Les constructeurs ne devraient-ils pas adapter la communication à ce sujet au moment de la demande de reprise en main (message de prévention : attention, les deux mains doivent être libres).

7. REFERENCES

- Befelein, D., Boschet, J., & Neukum, A. (2018). Influence of non-driving-related tasks' motivational aspects and interruption effort on driver take-over performance in conditionally automated driving. *6th international conference on driver distraction and inattention, Gothenburg, Sweden*. Retrieved from: http://ddi2018.org/wp-content/uploads/2018/10/5_9.
- Clark, H., & Feng, J. (2017). Age differences in the takeover of vehicle control and engagement in non-driving-related activities in simulated driving with conditional automation. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 468-479. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.08.027>
- Fogarty, J., Ko, A. J., Aung, H. H., Golden, E., Tang, K. P., & Hudson, S. E. (2005). Examining task engagement in sensor-based statistical models of human interruptibility. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, 331-340.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Éds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, p. 139-183). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Jaussein, M., Lévêque, L., Deniel, J., Bellet, T., Tattegrain, H., & Marin-Lamellet, C. (2021a). How Do Non-driving-related Tasks Affect Engagement Under Highly Automated Driving Situations? A Literature Review. *Frontiers in Future Transportation*, 0. <https://doi.org/10.3389/ffutr.2021.687602>
- Jaussein, M., Tattegrain, H., & Marin-Lamellet, C. (2021b). Non-driving-related task during automated driving : A pilot study to explore variables of task engagement. *In Review Process*.
- Kern, N., & Schiele, B. (2006). Towards personalized mobile interruptibility estimation. *International Symposium on Location-and Context-Awareness*, 134-150.
- Ko, S. M., & Ji, Y. G. (2018). How we can measure the non-driving-task engagement in automated driving : Comparing flow experience and workload. *Applied Ergonomics*, 67, 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.10.009>
- Lee, B. C., & Duffy, V. G. (2015). The Effects of Task Interruption on Human Performance : A Study of the Systematic Classification of Human Behavior and Interruption Frequency: Lee and Duffy Effects of Task Interruption on Human Performance. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(2), 137-152. <https://doi.org/10.1002/hfm.20603>
- Lee, S. C., Yoon, S. H., & Ji, Y. G. (2020). Effects of Non-Driving-Related Task Attributes on Takeover Quality in Automated Vehicles. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 0(0), 1-9. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1815361>

Louw, T., Kuo, J., Romano, R., Radhakrishnan, V., Lenné, M. G., & Merat, N. (2019). Engaging in NDRTs affects drivers' responses and glance patterns after silent automation failures. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *62*, 870-882.

<https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.03.020>

Matthews, G., Joyner, L., Gilliland, K., Campbell, S., Falconer, S., & Huggins, J. (1999). Validation of a comprehensive stress state questionnaire : Towards a state big three. *Personality psychology in Europe*, *7*, 335-350.

Naujoks, F., Befelein, D., Wiedemann, K., & Neukum, A. (2018). A Review of Non-driving-related Tasks Used in Studies on Automated Driving. In N. A. Stanton (Éd.), *Advances in Human Aspects of Transportation* (p. 525-537). Springer International Publishing.

Roche, F., Somieski, A., & Brandenburg, S. (2019). Behavioral Changes to Repeated Takeovers in Highly Automated Driving : Effects of the Takeover-Request Design and the Nondriving-Related Task Modality. *Human Factors*, *61*(5), 839-849. <https://doi.org/10.1177/0018720818814963>

Tanshi, F., & Söffker, D. (2019). Modeling of takeover variables with respect to driver situation awareness and workload for intelligent driver assistance. *2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 1667-1672. <https://doi.org/10.1109/IVS.2019.8814045>

Wandtner, B., Schmidt, G., Schoemig, N., & Kunde, W. (2018). Non-driving related tasks in highly automated driving—Effects of task modalities and cognitive workload on take-over performance. *AmE 2018 - Automotive meets Electronics; 9th GMM-Symposium*, 1-6.

Wandtner, B., Schömig, N., & Schmidt, G. (2018a). Effects of Non-Driving Related Task Modalities on Takeover Performance in Highly Automated Driving. *Human Factors*, *60*(6), 870-881.

<https://doi.org/10.1177/0018720818768199>

Wandtner, B., Schömig, N., & Schmidt, G. (2018b). Secondary task engagement and disengagement in the context of highly automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *58*, 253-263. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.001>

Weaver, B. W., & DeLucia, P. R. (2020). A Systematic Review and Meta-Analysis of Takeover Performance During Conditionally Automated Driving. *Human Factors*, 0018720820976476.

<https://doi.org/10.1177/0018720820976476>

Wu, Y., Kihara, K., Hasegawa, K., Takeda, Y., Sato, T., Akamatsu, M., & Kitazaki, S. (2020). Age-related differences in effects of non-driving related tasks on takeover performance in automated driving.

Journal of Safety Research, *72*, 231-238. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.12.019>

Yoon, S. H., & Ji, Y. G. (2019). Non-driving-related tasks, workload, and takeover performance in highly automated driving contexts. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 620-631. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.11.015>

Zhang, B., de Winter, J., Varotto, S., Happee, R., & Martens, M. (2019). Determinants of take-over time from automated driving : A meta-analysis of 129 studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 285-307. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.04.020>