



Photo: Jarvis

Rapport n° 2021 - R - 04 - FR

Effets de l’Affichage Tête Haute intégré dans le casque

Étude sectorielle et Étude-pilote sur simulateur moto



Service public fédéral
Mobilité et Transports

Effets de l’Affichage Tête Haute intégré dans le casque

Étude sectorielle et Étude-pilote sur simulateur moto

Rapport n° 2021 - R - 04 - FR

Auteurs : Aline Delhayé (Institut Vias), Sofie Boets (Institut Vias), Stéphane Espié (Université Gustave Eiffel), Martijn Teuchies (Institut Vias)

Éditeur responsable : Karin Genoe

Éditeur : Institut Vias – Centre de Connaissance Sécurité Routière

Date de publication : 17/02/2021

Dépôt légal : D/2021/0779/50

Veuillez référer au présent document de la manière suivante : Delhayé, A., Boets, S., Espié, S. & Teuchies, M. (2020) Effets de l’Affichage Tête Haute intégré dans le casque. Etude sectorielle et Étude-pilote sur simulateur moto. Bruxelles, Belgique : Institut Vias – Centre de Connaissance de Sécurité Routière

Ce rapport comprend un résumé en anglais et en néerlandais.

Ce rapport est également disponible en néerlandais sous le titre : «Delhayé, A., Boets, S., Espié, S. & Teuchies, M. (2020) Effecten van in de helm geïntegreerde schermen Sector- en pilootonderzoek met een motorsimulator – Brussel, België: Vias institute - Kenniscentrum Verkeersveiligheid»

Cette recherche a été rendue possible par le soutien financier du Service Public Fédéral Mobilité et Transports et par une collaboration avec l’UGE (Université Gustave Eiffel).

Remerciements

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

- Brecht Pelssers pour son aide à la programmation des questionnaires.
- RAD pour la participation aux essais sur route.
- Moto Magazine (France) pour la dissémination de l'appel à testeurs.
- Céline Grolleau pour son aide intensive pour le travail de terrain.
- Samir Bouaziz pour sa disponibilité lors du dépannage de dernière minute du simulateur moto.
- Julie Delzenne pour la traduction en français des résultats de l'étude sur simulateur.
- Peter Silverans et Jean-François Gaillet pour leur apport constructif lors de la conception de l'étude.
- Kristel Verachtert pour le soutien administratif.
- Ludo Kluppels, pour la révision interne du présent rapport

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

Table des matières

Remerciements	3
Table des matières	4
Lexique	5
Liste des tableaux et figures	6
Résumé	7
Samenvatting	9
Summary	11
1 Introduction	13
2 Contexte sectoriel	15
2.1 Usage du 2RM en Belgique	15
2.2 Innovations technologiques	16
2.3 Les développements technologiques dans le casque	16
2.4 Éléments de sécurité	17
3 Études préliminaires des effets de l’Affichage Tête Haute sur la conduite moto	19
3.1 État de la recherche	19
3.1.1 L’Affichage Tête Haute (Head-up Display ou HUD)	19
3.1.2 HUD pour moto	21
3.2 Essais sur route	23
3.3 Expérimentation sur simulateur	24
3.3.1 Participants	24
3.3.2 Matériel	25
3.3.3 Situation expérimentale	27
3.3.4 Variables et plan expérimental	27
3.3.5 Procédure expérimentale	27
3.3.6 Traitement des données et analyse	28
3.3.7 Résultats	29
3.3.8 Synthèse et limites des résultats	35
3.3.9 Limites de l’étude	36
4 Conclusions et recommandations	38
5 Références	40
6 Annexes	43
6.1 Questionnaire des essais sur route	43
6.2 Notice d’information relative à la recherche	49
6.3 Formulaire de consentement libre et éclairé	50
6.4 Préfiguration des informations données pour le recrutement	51
6.5 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal, 1993)	52
6.6 Presence questionnaire (Witmer & Singer, 1998, révisé par le Laboratoire de Cyberpsychologie de l’UQO, 2002)	53
6.7 NASA Task Load Index (Hart & Straveland, 1988)	59
6.8 Evaluation subjective de la conduite	60
6.9 Questionnaire opinions après participation	61
6.10 Questionnaire de recrutement de testeurs sur ligne	62

Lexique

Abréviations, terminologie et expressions utilisées dans ce document :

2RM : Véhicule deux-roues motorisé (inclus motocycles et cyclomoteurs)

ACEM : Association des Constructeurs Européens de Motocycles

AR-HUD : *Augmented Reality-Head Up display* (Affichage Tête Haute à Réalité Augmentée)

Cyclomoteur : Véhicule routier à deux ou trois roues qui est pourvu d'un moteur de cylindrée inférieure à 50 cm³ et dont la vitesse est limitée, par construction, conformément aux réglementations nationales en vigueur. Lorsque les limitations relatives à la cylindrée du moteur ne sont pas applicables, une restriction concernant la puissance du moteur peut être en vigueur. Cela renvoie aux catégories L1 et L2 de la résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3) des Nations unies (Source : EuroStat). Cette catégorie inclut également les speed pedelec.

HDD : *Head-down display* (Affichage Tête Basse)

HUD : *Head-up display* (Affichage Tête Haute)

HMI : *Human-Machine Interface* (Interface Homme-Machine)

Infotainment : mot anglais parfois traduit par *InfoDivertissement* ; terme qui englobe les dispositifs permettant de fournir au conducteur des information et du divertissement (du téléphone au réseaux sociaux en passant par la musique, les films, et le Web)

Motocycle : Véhicule routier automobile à deux, trois ou quatre roues dont le poids à vide n'excède pas 400 kg. Tous les véhicules de ce genre dont la cylindrée est égale ou supérieure à 50 cm³ ainsi que ceux dont la cylindrée est inférieure à 50 cm³ mais qui ne relèvent pas de la catégorie des cyclomoteurs sont inclus. Cela renvoie aux catégories L3 , L5 , L6 et L7 de la résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3) des Nations unies (Source : Eurostat).

R&D : Recherche & Développement

STI : Systèmes de Transport Intelligents (*Intelligent Transport Systems / ITS*)

UGE : Université Gustave Eiffel (anciennement IFSTTAR, anciennement INRETS)

Liste des tableaux et figures

Tableau 1	Fonctionnalités proposées par différents casques et fabricants de technologies intégrables.	18
Tableau 2	Caractéristiques des participants d'étude	24
Tableau 3	Perception des participants d'étude de l'évolution technologique dans les transports	25
Tableau 4	Évaluation subjective de la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » de 1 (favorable) à 10 (défavorable) (moyenne, ET). Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). Les valeurs à la marge de la signification statistique (p entre 0,05 et 0,07) sont indiquées par "(*)".	31
Tableau 5	Évaluation de la charge mentale après la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » (moyenne, ET). Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)".	32
Tableau 6	Opinion sur le HUD utilisé pendant l'étude et sur la technologie HUD en général (%)	33
Tableau 7	Retour d'information sur l'étude et la participation	34
Figure 1	Nouvelles immatriculations en Europe 2010- 2018 (Source: ACEM)	15
Figure 2	Nouvelles Immatriculations - Belgique - 2010-2018 (Source: ACEM)	15
Figure 3	Accidents corporels impliquant au moins une moto (Source: Statbel)	15
Figure 4	Casque avec visuels « tête-haute » SKULLY	17
Figure 5	Dispositif "tête-haute" EYELIGHTS	17
Figure 6	Localisation du HUD dans le casque et affichage des informations	21
Figure 7	Vue du simulateur moto UGE "SIMACOM" (Copyright : UGE)	25
Figure 8 A et B	Scénario moto GIF2 (A) ; Vue du réseau GIF2 (B) (Copyright : UGE)	26
Figure 9 A et B	Vitesse moyenne (km/h) en conditions d'affichage tête haute (HUD) et tête basse (HDD) pour les zones de courbe (A) et les zones de carrefour (B)	29
Figure 10 A et B	Écart-type de la Vitesse (km/h) en condition tête haute (HUD) vs en condition tête basse (HDD) pour les zones de courbe (A) et les zones de carrefour (B)	30
Figure 11 A et B	Écart-type de la position latérale (mm) en condition d'affichage tête haute (HUD) et tête basse (HDD) dans les zones de courbe (A) et de carrefour (B)	30
Figure 12	Évaluation subjective de la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » (1-favorable à 10-défavorable) (moyenne, 95% intervalle de confiance) Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)".	32
Figure 13	Évaluation de la charge mentale après la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » (moyenne, 95% intervalle de confiance). Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)".	33

Résumé

Malgré une taille de marché limitée et un contexte concurrentiel compliqué induisant une introduction plus lente des nouvelles technologies, le secteur du deux-roues motorisés (2RM) est impacté, comme les autres modes de transport, par l'avènement des aides à la conduite.

Parmi celles-ci on retrouve des nouvelles technologies liées aux équipements dont « l'affichage tête haute » (Head-Up Display – HUD) qui propose d'afficher des informations directement dans le casque. A travers la transmission d'informations visuelles, audio, et dans certains cas tactiles, ces technologies annoncent adresser un des enjeux-clés du motocyclistes: la limitation de son champ de vision.

La technologie HUD, bien qu'ayant une très longue histoire dans l'industrie aéronautique et se trouvant sur le marché automobile depuis des décennies, ne dispose pas de mesures et de méthodes communes pour les évaluer. De plus, l'importance des études sur les facteurs humains tenant compte des exigences fonctionnelles (besoins d'information diverses et changeantes) des utilisateurs (dans différents contextes), ainsi que des exigences relatives à l'interface utilisateur, a été soulignée. Les dispositifs HUD pour motocyclistes ne sont, quant à eux, apparus que récemment et les recherches sur leur impact en matière de sécurité routière sont pratiquement inexistantes. De façon générale, peu d'études ont étudié les effets des communications téléphoniques mais aussi de l'usage des systèmes de navigation sur la conduite moto.

Considérant que la conduite moto est, dans l'ensemble, plus sollicitante que la conduite d'une automobile, notamment en ce qui concerne le niveau d'attention requis pour gérer une trajectoire, ou des manœuvres d'urgence, la multiplication d'informations à traiter par le conducteur soulève de nombreuses questions et inquiétude concernant les impacts physiques, perceptifs et cognitifs de ces technologies sur la conduite du 2RM.

L'institut VIAS et l'Ifsttar (actuellement l'Université Gustave Eiffel) ont collaboré dans le cadre d'une étude-pilote visant à comparer les effets de l'utilisation d'un HUD (intégré dans le casque), par rapport à l'utilisation d'un smartphone HDD (sur le tableau de bord), affichant des informations de navigation et la vitesse réelle et maximale autorisée, en situation de conduite simulée sur des routes suburbaines sinueuses. L'étude a montré l'intérêt de l'affichage « tête haute » sur l'affichage « tête basse » par rapport au respect des limitations de vitesses et à la stabilité de la position sur la route.

Si les résultats de l'étude sont positifs dans ce cas, la question de la transposition des résultats acquis pour des dispositifs ayant fait des choix différents en terme de complexité des messages proposés demeure. Autrement dit, restent posées les questions suivantes :

- Qui sont les usagers qui recourent à des outils connectés (et quels types d'outils) lors de la conduite et qui sont ceux qui s'en abstiennent : y a-t-il différents profils d'usagers ? (Efficacité perçue, sentiment d'invulnérabilité, non perception du danger, types et catégories de 2RM, ancienneté de permis, mobilité urbaine ou autres, etc...) ;
- Quels sont les motivations et les besoins exprimés pour recourir aux outils connectés en situation de conduite et quels sont les freins ?
- Quels sont les choix opérés par les différents profils de conducteurs (type d'information médiatisée et usages des fonctionnalités) et pourquoi ?
- Quelle est le traitement des informations selon les profils de conducteurs ?
- Comment cette information modifie le comportement (la prise de risque) du conducteur et la prise en compte des autres usagers ?

La demande du « marché » allant dans le sens de plus de fonctionnalités disponibles, dont de l'infotainment (messagerie, communication, infotraffic, réseaux sociaux, etc...), la population motocycliste va être confrontée à très court terme à une multiplication de l'offre, et représente donc une population pour laquelle il est urgent d'étudier les fonctionnements cognitif, motivationnel et contextuel lorsqu'elle est en interaction avec de tels systèmes afin de :

- comprendre les stratégies mises en place par les conducteurs pour gérer les différentes sources d'informations ;
- comprendre les limites que ces derniers s'imposent à eux-mêmes en fonction des situations et des profils individuels ;
- évaluer l'impact sur la prise de risque pour soi et pour les autres ;
- identifier des limites pour le nombre et la qualité des informations transmises (gestion concurrente des informations), avec des retombées en termes de recommandations pour la réglementation, pour les constructeurs, mais aussi pour la conception de messages de préventions.

Les auteurs du rapport préconisent donc la poursuite des activités de recherche dans ce domaine afin d'obtenir à terme,

- une méthodologie d'évaluation valide des systèmes pour 2RM embarqués dans le casque
- l'identification des éléments de normalisation pour les systèmes d'infotainment dédiés 2RM .

Pour ce faire, les éléments suivants sont nécessaires :

- des données explicatives relatives aux choix réalisés par les conducteurs en fonction de leur typologie (quelles nouvelles fonctionnalités sélectionnées et utilisées, quels usages de ces fonctionnalités, quels niveaux de prise de risque individuel, quels niveaux de prise de risque imposé aux autres usagers), le niveau de prise de risque étant évalué de manière subjective par le conducteur (sentiment d'auto-efficacité, sentiment de contrôle, croyances de compétences etc...) mais aussi par des mesures objectives de types temps à la collision, temps à la sortie de voie... ;
- des données quantitatives sur les déterminants humains explicatifs de la propension à l'usage des outils connectés lors de la conduite ;
- une typologie des usagers les plus à risque en lien avec l'usage de la technologie numérique ;
- un classement des fonctionnalités étudiées selon les modalités d'interaction (visuelles / auditives, niveau de symbolisme dans le visuel) selon leur impact sur la conduite (incluant la gestion des autres usagers de la route).
- le développement d'interfaces adaptées 2RM pour systèmes d'infotainment « tête haute » à vocation des industriels du secteur (démonstrateurs).

Samenvatting

Ondanks een beperkte marktomvang en een complexe concurrentiële context, wat deels de tragere invoering van nieuwe technologieën verklaart, wordt de sector van de gemotoriseerde tweewielers (G2W), net als van andere vervoersmodi, beïnvloed door de komst van *rijhulpmiddelen*.

Dit zijn onder andere nieuwe technologieën bevestigd aan de uitrusting van motorrijders zoals het *Head-Up Display* (HUD) dat informatie direct in de helm weergeeft. Door de visuele, auditieve en in sommige gevallen tactiele overdracht van informatie beloven deze technologieën de veiligheid van motorrijders te verbeteren door één van de belangrijkste problemen voor motorrijders aan te pakken: de beperking van hun gezichtsveld.

De HUD-technologie heeft weliswaar een zeer lange geschiedenis in de luchtvaartindustrie en is al decennialang op de wagenmarkt aanwezig, maar heeft geen gemeenschappelijke maten en methoden om deze te evalueren. Daarnaast is het belang onderstreept van studies naar menselijke factoren (*human factors*), rekening houdend met de functionele vereisten (diverse en veranderende informatiebehoeften) van gebruikers (in verschillende contexten), evenals met vereisten met betrekking tot de gebruikersinterface. HUD-apparaten voor motorrijders zijn pas recent opgedoken en onderzoek naar de impact ervan op de verkeersveiligheid is vrijwel onbestaande. In het algemeen zijn er maar weinig studies die de effecten van telefooncommunicatie alsook van het gebruik van navigatiesystemen op het motorrijden hebben onderzocht.

Aangezien motorrijden over het algemeen veeleisender is dan autorijden, met name wat betreft het niveau van de aandacht die nodig is om een traject of noodmanoeuvres uit te voeren, roept de vermenigvuldiging van de door de bestuurder te verwerken informatie veel vragen en bezorgdheid op over de fysieke, perceptuele en cognitieve effecten van deze technologieën op het rijden met een motorfiets.

Vias institute en Ifsttar (intussen Universiteit Gustave Eiffel - UGE) hebben samengewerkt aan een pilootstudie om de impact van het gebruik van een in de helm geïntegreerde HUD te vergelijken met een smartphone bevestigd op het dashboard (HDD: *Head-down Display*), waarbij zowel navigatie-informatie als de werkelijke en maximaal toegestane snelheid weergegeven werden, in een gesimuleerde rijdsituatie op rurale wegen met bochten. De studie toonde een voordeel van het "*head-up*" scherm tegenover het "*head-down*" scherm aan met betrekking tot de naleving van de snelheidslimieten en de stabiliteit van de positie op de weg.

Hoewel de resultaten van dit onderzoek positief zijn, blijft de vraag of de verkregen resultaten ook gelden voor apparaten die andere keuzes gemaakt hebben met betrekking tot de complexiteit van de doorgegeven informatie. Met andere woorden, volgende vragen blijven bestaan:

- Wie zijn de gebruikers van geconnecteerde apparatuur (en welk type apparatuur) tijdens het rijden en wie gebruikt dat niet: zijn er verschillende gebruikersprofielen (bijv. gerelateerd aan gepercipieerde eigen efficiëntie, gevoel van onkwetsbaarheid, niet-perceptie van gevaar, types en categorieën van G2W, rijbewijs-anciënniteit, stedelijke mobiliteit of andere, enz.)? ;
- Wat zijn de motivaties en behoeften voor het gebruik van geconnecteerde apparatuur in rijdsituaties en wat zijn de belemmeringen?
- Wat zijn de operationele keuzes die de verschillende bestuurdersprofielen maken (type gepresenteerde informatie en gebruik van de functionaliteiten) en waarom?
- Hoe wordt de informatie verwerkt volgens bestuurdersprofiel?
- Hoe verandert deze informatie het gedrag (het nemen van risico's) van de bestuurder en het rekening houden met andere weggebruikers?

Aangezien de vraag van de "markt" evolueert in de richting van meer beschikbare functionaliteiten, waaronder infotainment (berichtenverkeer, communicatie, info over het verkeer, sociale netwerken, etc.), zal de motorrijderspopulatie op heel korte termijn geconfronteerd worden met een vermenigvuldiging van het aanbod. Het is bijgevolg dringend noodzakelijk om de cognitieve, motivatie gerelateerde en contextuele functies te bestuderen van motorrijders tijdens de interactie met dergelijke systemen, teneinde:

- de strategieën te begrijpen die door bestuurders worden gebruikt om de verschillende informatiebronnen te verwerken;

- zicht te krijgen op de grenzen die bestuurders zichzelf opleggen in functie van situaties en individuele profielen;
- de impact op het nemen van risico's voor zichzelf en voor anderen te evalueren;
- de limieten te identificeren met betrekking tot de omvang en de kwaliteit van de doorgegeven informatie (omgang met gelijktijdige informatie), leidend tot aanbevelingen voor de regelgeving, voor constructeurs, maar ook voor het uitwerken van preventieboodschappen.

De auteurs van dit rapport bevelen bijgevolg aan om het onderzoek in dit domein verder te zetten teneinde:

- een valide methodologie te bekomen voor het evalueren van in/op de helm gemonteerde systemen, en
- standaardisatie-elementen voor specifieke G2W-infotainmentsystemen te identificeren.

Hiervoor zijn volgende zaken nodig:

- verklarende gegevens over de keuzes die bestuurders maken op basis van hun profiel (welke nieuwe functionaliteiten worden geselecteerd en gebruikt, hoe worden deze functionaliteiten gebruikt, welke niveaus van individuele risico's worden genomen, welke niveaus van risico worden opgelegd aan andere weggebruikers), waarbij de mate van risico-name subjectief wordt beoordeeld door de bestuurder (gevoel van zelfredzaamheid, gevoel van controle, overtuigingen m.b.t. de eigen competentie etc.) maar ook via objectieve maten van risico, zoals de tijd tot een botsing (*'time to collision'*), tijd buiten de rijstrook ...
- kwantitatieve gegevens (van een grote steekproef) over de menselijke determinanten die de neiging verklaren om geconnecteerde apparatuur te gebruiken tijdens het rijden;
- een typologie van de G2W-gebruikers die het meeste risico lopen in relatie tot het gebruik van digitale technologie;
- een classificatie van de bestudeerde functionaliteiten volgens interactiemodaliteit (visueel/auditief, niveau van de visuele symboliek) en volgens hun impact op het rijden (met inbegrip van het omgaan met andere weggebruikers).
- de ontwikkeling van aan G2W aangepaste *interfaces* voor *"head-up"* infotainmentsystemen voor de industrie (demo's).

Summary

Despite a limited market size and a complicated competitive context leading to a slower introduction of new technologies, the powered two-wheeler (PTW) sector, like other modes of transport, is impacted by the advent of driving aids.

These include new technologies related to equipment such as the Head-Up Display (HUD), which displays information directly in the helmet. Through the transmission of visual, audio, and in some cases tactile information, these technologies address one of the key issues for motorcyclists: the limitation of their field of vision.

Although HUD technology has a long history in the aeronautics industry and has been on the automotive market for decades, there are no common measurements and methods to evaluate it. In addition, the importance of human factors studies taking into account the functional requirements (diverse and changing information needs) of users (in different contexts), as well as user interface requirements, was stressed. HUD devices for motorcyclists, on the other hand, have only recently emerged and research on their impact on road safety is virtually non-existent. In general, few studies have investigated the effects of telephone communications and the use of navigation systems on motorcycle riding.

Considering that motorcycling is, on the whole, more demanding than driving a car, particularly with regard to the level of attention required to manage a trajectory, or emergency manoeuvres, the multiplication of information to be processed by the driver raises many questions and concerns about the physical, perceptual and cognitive impacts of these technologies on PTW driving.

The VIAS Institute and Ifsttar (currently the Gustave Eiffel University) have collaborated on a pilot study to compare the effects of using a HUD (integrated in the helmet), compared to the use of an HDD smartphone (on the dashboard), displaying navigation information and the actual and maximum speed allowed, in simulated driving situations on winding suburban roads. The study showed the value of the "head-up" display over the "head-down" display in relation to compliance with speed limits and stability of position on the road.

While the results of the study are positive in this case, the question of transposing the results acquired for devices that have made different choices in terms of the complexity of the proposed messages remains. In other words, the following questions remain:

- Who are the users who use connected tools (and what types of tools) when driving and who are those who do not: are there different user profiles (perceived efficiency, feeling of invulnerability, non-perception of danger, types and categories of PTWs, license seniority, urban mobility or others, etc.) ;
- What are the motivations and needs expressed for using connected tools in driving situations and what are the brakes?
- What are the choices made by the different driver profiles (type of information in the media and use of functionalities) and why?
- How is information processed according to driver profiles?
- How does this information modify the behaviour (risk-taking) of the driver and the consideration of other road users?

The demand of the "market" going in the direction of more available functionalities, including infotainment (messaging, communication, infotraffic, social networks, etc...), the motorcyclist population will be confronted in the very short term with a multiplication of the offer, and thus represents a population for which it is urgent to study the cognitive, motivational and contextual functioning when it is in interaction with such systems in order to :

- understand the strategies implemented by drivers to manage the different sources of information;
- understand the limits that drivers impose on themselves in relation to individual situations and profiles;
- assess the impact on risk-taking for oneself and others;
- identify limits to the amount and quality of information transmitted (concurrent information management), with implications in terms of recommendations for regulation, for manufacturers, but also for the design of prevention messages.

The authors of the report therefore recommend continuing research activities in this area in order to eventually achieve the desired results:

- a valid methodology for evaluating helmet-mounted PTW systems
- the identification of standardization elements for dedicated PTW infotainment systems.

To do this, the following elements are required:

- explanatory data on the choices made by drivers according to their typology (which new functionalities are selected and used, which uses of these functionalities, which levels of individual risk taking, which levels of risk taking are imposed on other users), the level of risk taking being assessed subjectively by the driver (feeling of self-efficacy, feeling of control, skill beliefs, etc.) but also by objective measures such as time to collision, time to lane departure, etc. ;
- quantitative data on the human determinants explaining the propensity to use connected tools while driving;
- a typology of users most at risk in relation to the use of digital technology ;
- a classification of the functionalities studied according to the modes of interaction (visual/auditory, level of symbolism in the visual) according to their impact on driving (including the consideration of others road users).
- the development of PTW adapted interfaces for "head-up display" infotainment systems for the industry (demonstrators).

1 Introduction

De nouvelles technologies annoncent améliorer la sécurité des conducteurs à travers la transmission d'informations visuelles, audio, tactiles. Des dispositifs *bluetooth* permettent de véhiculer du son, tandis que des écrans embarqués (téléphones ou écrans intégrés au véhicules) peuvent fournir au conducteur toutes sortes d'informations environnantes. Ces technologies permettent d'échanger des informations utiles à la conduite (navigateurs par exemple) mais aussi perturbant cette dernière et pouvant induire une cécité envers l'environnement extérieur (téléphones utilisés pour entretenir des conversations, tchatter, voir regarder des « programmes télé »).

Cette tendance, aides à la conduite mais aussi dispositifs de première ou de seconde monte (ex. téléphones portables plus ou moins intégrés dans le véhicule), conjuguée à l'augmentation du trafic, accroît la complexité de la conduite des véhicules motorisés.

Il a pourtant été démontré que les conducteurs sont parfois pris entre plusieurs priorités : une priorité relative à leur déplacement et aux questions de sécurité induites pour eux et pour les autres usagers de l'espace routier, une priorité liée aux interactions avec les aides à la conduite, et enfin une priorité égocentrée relative à des considérations qui n'ont pas de rapport avec la conduite (téléphone, réseaux sociaux d'autre part)

Mais alors qu'aucune évaluation correcte de l'impact de ces systèmes sur les capacités de conduite n'existe en raison du manque de connaissances et de données dans ce domaine de recherche, on constate l'arrivée de ces technologies dans les casques des usagers de deux ou trois roues motorisés.

Le casque joue un rôle tant dans la sécurité passive du motard (en cas de chute) que dans sa sécurité active, notamment de par le champ limité de vision qu'il offre et qui peut empêcher le conducteur de percevoir pleinement son environnement. Cet état de fait nécessite un comportement spécifique de l'utilisateur pour assurer un niveau de sécurité adéquat sur la route. L'étude d'impact de ces nouvelles technologies sur la sécurité, les risques et les effets secondaires de ces dispositifs facilement disponibles en ligne, semblait donc essentiel.

Le travail proposé ici a pour but de fournir des éléments de réponse aux questions fondamentales suivantes :

- Quelles sont les technologies actuellement développées pour les casques (télécom, équipements divers, ...) qui influenceront la sécurité des 2RM dans les années à venir ?
- Ces technologies impactent-elles les comportements de conduite? S'agit-il d'une charge de travail mental supplémentaire avec un impact négatif ou ces systèmes ont-ils un impact positif sur la sécurité des motocyclistes ?
- Faut-il envisager de nouveaux amendements à la norme ECE R22.06¹?

Le présent rapport contextualise donc l'émergence de ces nouvelles technologies :

- en étudiant l'évolution du marché, et



Illustration d'affichage impactant le champ de vision d'un motocycliste (Source : Google image)

¹ La norme ECE R22.06 définit les tests à effectuer pour l'homologation des casques en Europe. Elle remplacera très prochainement (vote en cours) la norme ECE R22.05 utilisée jusqu'à présent.

- en réalisant une étude-pilote sur simulateur en vue de démarrer une réflexion plus large permettant d'établir, à terme, des bases solides pour le développement d'une méthodologie d'évaluation et, éventuellement un travail de normalisation.

Plus largement, les activités engagées dans le cadre de ce rapport contribuent à suivre les développements technologiques du secteur deux-roues motorisés (2RM) et d'identifier ses tendances en matière de mobilité et de sécurité sur les routes dans les années à venir.

2 Contexte sectoriel

2.1 Usage du 2RM en Belgique

Estimé en 2018 à 21 792 584 en Europe et à 663 769 véhicules en Belgique (3%) par l'ACEM², le parc européen circulant de deux roues motorisés (cyclomoteurs, motocycles et quadricycles) représente approximativement 10% de la flotte de véhicules immatriculée sur le sol belge (6% en Europe)³. Et si les immatriculations européennes sont en diminution depuis une dizaine d'années, l'usage du 2RM en Belgique augmente, principalement en ce qui concerne les cyclomoteurs.

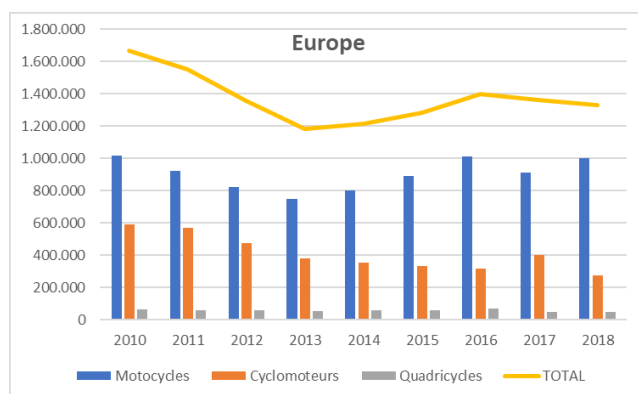


Figure 1 - Nouvelles immatriculations en Europe 2010- 2018 (Source: ACEM)

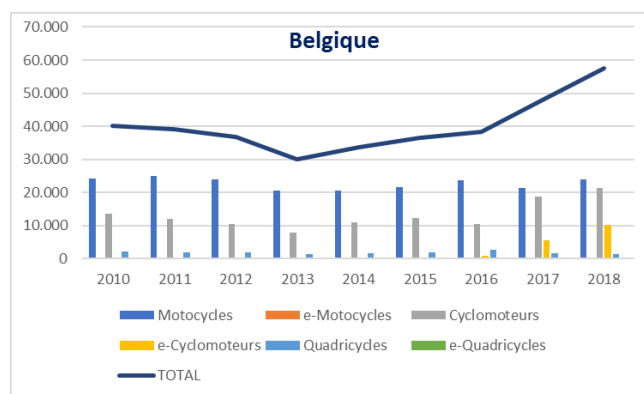


Figure 2 - Nouvelles Immatriculations - Belgique - 2010- 2018 (Source: ACEM)

En Belgique, le nombre d'accidents corporels impliquant un 2RM diminue malgré un parc en augmentation constante. Cependant, de tous les usagers vulnérables de la route, les usagers 2RM sont les plus exposés aux risques les plus élevés.

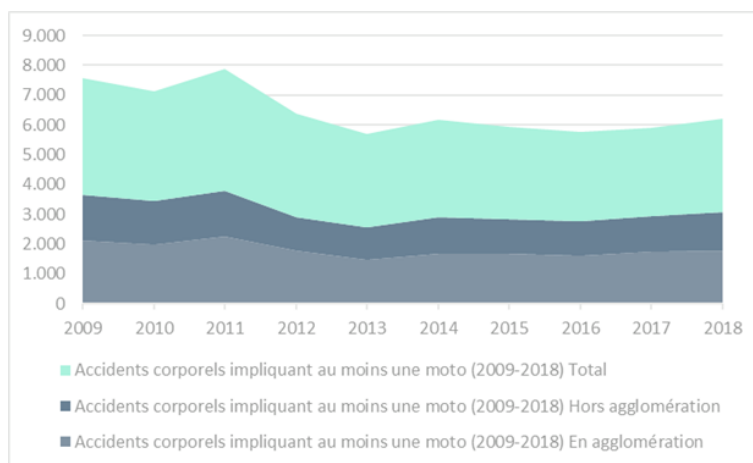


Figure 3 - Accidents corporels impliquant au moins une moto (Source: Statbel)

² Association des Constructeurs Européens de Motocycles <http://www.acem.eu/>

³ Estimé par l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) à 6 538 095 de véhicules en 2016 https://www.acea.be/uploads/statistic_documents/ACEA_Report_Vehicles_in_use-Europe_2018.pdf

2.2 Innovations technologiques

Le secteur du 2RM est caractérisé par un contexte concurrentiel tendu lié à la multiplicité des acteurs de production - allant de l'artisan à l'industriel, attaché ou non à une production automobile. La taille limitée de son marché, comparé au marché de l'automobile, et la variété des profils d'utilisateurs (navetteurs, loisirs, recherche de sensation, vacances, professionnels, etc...) explique une évolution technologique plus lente. Le manque de financements publics en recherche et développement pour ce secteur explique également cette relative lenteur en matière d'innovations technologiques.

Ceci étant, le deux-roues motorisé, comme les autres modes de transport, est impacté par l'avènement des aides à la conduite telles que :

- les technologies et applications liées aux véhicules et développées par les constructeurs de 2RMs et leurs sous-traitants (ex. l'ABS, l'ESP moto) ;
- les technologies liées aux équipementiers (casques, vêtements de protection) développées par les fabricants et leurs sous-traitants (ex. l'airbag intégré Dainese) ;
- les technologies vendues sous formes d'accessoires développées indépendamment et ajoutées soit au véhicule, soit à aux vêtements (ex. un GPS à fixer au guidon).

2.3 Les développements technologiques dans le casque

Le marché des casques n'échappe pas à ces tendances de fond. On trouve aujourd'hui des développements pris en charge par les fabricants de casques (ex. affichage tête haute de SHOEI ou BMW) et des solutions proposées par des fabricants indépendants (ex. l'affichage tête haute Eye-Lights – système repris en test dans cette étude).

Nos discussions avec le secteur nous ont confirmé la fébrilité actuelle du marché avec des projets annoncés de BMW ou SHOEI. D'autres marques, comme SHARK, sont en discussion avec des fabricants indépendants.

On retrouve dans le microcosme R&D des nouvelles technologies pour casques les fournisseurs de technologies intégrables, les développeurs d'application, les fabricants de casques et les distributeurs, mais également les laboratoires de certification, qui suivent de près ces évolutions.

Certains de ces casques sont déjà disponibles sur le marché européen (Senna, Quin) et donc certifié CE. D'autres ne le sont qu'en Australie (Forcite). Mais les certifications reçues par les casques sur le marché ne concerne que les aspects de **connectivité** (CE / FCC / IC) et d'**impact aux chocs** (DOT / ECE 22.05 / JIS). Il n'existe pas (encore) de normes en matière de « distractivité » alors la question de la charge mentale et du traitement de l'information est une question centrale dans le débat sur la sécurité de ces technologies embarquées.

D'autres projets sont en cours de développement (Skully (<https://www.skully.com>), Cross Helmet (<https://www.crosshelmet.com/>), Jarvish (<https://www.jarvish.com/>), Livemap (<https://livemap.info/>). En ce qui concerne les projets indépendants (de la fabrication d'un casque), on ne trouve que Eye-Lights en distribution sur le marché européen. D'autres projets qui avaient vu le jour il y a quelques années, n'existent plus, soit pour raison d'obsolescence technologique, soit pour des enjeux d'ordre économique tels que la distribution ou le financement de la startup.



Figure 4 - Casque avec visuels « tête-haute » SKULLY



Figure 5 - Dispositif "tête-haute" EYELIGHTS

En dehors de Eye-lights, dont la spécificité est qu'il met en place son propre circuit de distribution (via internet), nous avons connaissance d'un autre projet⁴ français proposant une technologie dérivée du milieu du sport (ski, vélo). La stratégie commerciale de ce dernier est différente en ce qu'il souhaite s'atteler à des fabricants de casques pour garantir son développement commercial.

A ce stade, les fabricants de moto ne sont pas entrés dans le débat, même s'il n'est pas exclu que les questions de connectivité intègrent à un moment donné le véhicule (ex. eCall). D'autres collaborations technologiques avec l'industrie moto pourraient être envisagées, comme l'intégration de données liées au véhicule dans les informations disponibles (*On-Board Diagnostics - OBD*). Pour ce faire, plusieurs enjeux doivent toutefois être résolus dont la connectivité V2X (et le débat sur l'utilisation des normes ITSG5 ou 5G⁵).

2.4 Éléments de sécurité

Si les innovations technologiques dans les voitures ont permis et permettent de faire progresser la sécurité routière, certaines d'entre-elles génèrent des effets négatifs en terme de distraction (au niveau physique, perceptif ou cognitif). Par ailleurs, les usages réels observés et les comportements induits posent également la question des interfaces homme/machine ou *Human Machine Interface* (HMI): comment les systèmes d'aides/d'informations sur la conduite sont-ils conçus et vont-ils être adaptés aux usages réels et aux caractéristiques des conducteurs ? En quoi l'intégration d'innovation pensée collectivement comme des avancées systématiques en matière de réduction du risque peuvent-elles avoir également des impacts négatifs?

Dans le cas de la conduite moto la question est critique dans la mesure où le niveau d'attention requis pour gérer une trajectoire est sensiblement plus élevé qu'en voiture, et les manœuvres d'urgence bien plus complexes à réaliser. Même pour des usages « classiques », la conduite moto est bien plus sollicitante que la conduite d'une automobile du fait de la non-stabilité intrinsèque du véhicule, d'infrastructures conçues pour les autos et parfois inadaptées aux 2RM, de la vulnérabilité des usagers de 2RM liée à l'absence de protection « mécanique », mais aussi à l'effet « véhicule vulnérable donc perdant sa priorité » impliquant des interactions plus complexes avec les autos, les camionnettes et les Poids Lourds. Le conducteur d'un 2RM doit donc en permanence gérer à la fois la stabilité de son véhicule et les interactions parfois critiques avec les autres usagers et/ou l'infrastructure.

Les fabricants de ces nouvelles fonctionnalités technologiques annoncent une sécurité active accrue notamment en *limitant l'exposition au risque de l'utilisateur* (ex. informations sur les conditions météo) ou passive en proposant des aides à la localisation en cas d'accident (ex. envoi de localisation à une liste de personnes présélectionnées). Le tableau ci-dessous récapitule les fonctionnalités proposées par différents casques et fabricants de technologies intégrables disponibles sur le marché ou en phase de lancement⁶:

⁴ Sous couvert d'un accord de confidentialité

⁵ <https://infoquerre.fr/2019/08/voiture-connectee-bataille-normes-a-bruxelles/>

⁶ Sources: sites web des fabricants + comparatif usager <https://stylistme.com/comparatif-objets-connectes/casque-moto-connecte-comparatif> [accessed between June 2019 and June 2020]

Tableau 1 Fonctionnalités proposées par différents casques et fabricants de technologies intégrables.

disponible en EU	disponible hors EU	non-disponible (projet)	Sena Corée du Sud	Quin US	Forcite AU	Skully US	Jarvish US	Livemap RU	CrossHelmet JP	Eyelight FR
AFFICHAGES										
Caméra arrière (vision 360°)						x	x	x	x	
Affichage Tête Haute (différentes technologies)						x	x	x	x	x
Système d'éclairage d'informations					x					
Intégration smartphone						x				
CONTROLES										
Commandes vocales			x	x		x	x	x	x	x
Contrôle tactile									x	
Assistant vocal Siri, Google ou Alexa				x		x	x			
LOISIRS										
Caméra frontale pour photos et vidéo						x	x	x	x	
Ecoute de musique ou d'informations (FM) (avec ou sans commande vocale)			x			x	x	x	x	x
Streaming et téléchargement vidéo					x					
Intercom (communication avec plusieurs)			x						x	
Téléphonie (recevoir et passer des appels)			x			x	x	x		x
Messagerie			x					x		
NAVIGATION										
Guidage GPS (virage par virage ou pas) (avec ou sans commande vocale)			x		x	x	x	x	x	x
Infos Vitesse						x	x			x
Infos Météo / Risque de pluie						x	x		x	
SECURITE										
Détecteur d'accident (message envoyé aux contacts d'urgence => sorte d'eCall personnel)				x						
Système de balise SOS (message de détresse + position GPS + enregistrement audio type boîte noire)				x						
Eclairage de sécurité								x	x	
Caméra angles morts						x				
CERTIFICATIONS										
Certification ECE22.05 (impact)			x	x	x		x			-
Certification EC (connectivité)			x	x						x

Cependant, à aucun moment, la question «distractive» n'entre dans le discours. Or, parmi les fonctionnalités existantes ou en cours de développement on constate, outre la fonctionnalité « navigation » (GPS), une grande part de fonctionnalités dites «de confort» (téléphonie, musique, réseaux sociaux, emails, etc.) dont le potentiel distractif est avéré (e.g. Strayer et al., 2017).

Cette tendance est inquiétante si l'on considère la capacité de traitement d'informations d'un usager, évaluée par les ergonomes à 7 (+/- 2) informations, et ce compris les pensées de l'utilisateur liées à la vie de tous les jours...⁷.

Cette analyse a été confirmée par nos échanges avec les représentants de Eye-Lights avec qui nous avons collaborés dans le cadre des tests qui, après avoir volontairement limité le nombre d'informations dans la première version de leur modèle, précisément pour des raisons de sécurité, se voient contraints d'élargir le champ des fonctionnalités face à la demande consommateur et à la pression du marché, avec notamment l'intégration d'applications comme *Waze*, ou *Google Assistant*.

La population des motocyclistes, qui va être confrontée à très court terme à une multiplication de l'offre d'infotainment, dont on connaît les effets potentiellement à risque sur la conduite d'un véhicule, est donc une population pour laquelle il est urgent d'étudier les fonctionnements cognitif, motivationnel et contextuel lorsqu'elle est en interaction avec de tels systèmes.

⁷ "Everything in its place ?" Alex Stedmon, Ergonomist – Motorcycle Rider Magazine, 2008.

3 Études préliminaires des effets de l’Affichage Tête Haute sur la conduite moto

L’objectif des activités engagées par l’Institut Vias visait, outre la connaissance et compréhension du secteur et de ses développements, à tester une nouvelle technologie pour en identifier les enjeux-clés en matière de sécurité routière et mieux comprendre l’impact distractif pressenti en vue d’élaborer à terme une méthodologie d’évaluation de ces systèmes lors de leur mise sur le marché.

Un état des lieux de la recherche, un essai sur route, et une étude-pilote sur simulateur ont été organisés.

L’étude-pilote a analysé le comportement de conduite sur simulateur avec un affichage « tête haute » (HUD) monté sur le casque fournissant des informations de navigation (+ vitesse actuelle et limite de vitesse), par rapport à une conduite avec un affichage « tête basse » (HDD) fournissant les mêmes informations. L’étude été organisée en partenariat avec le laboratoire de l’UGE Simu&Moto.

3.1 État de la recherche

Peu d’études à l’heure actuelle ont ciblé l’usage du smartphone en conduisant un 2RM. On peut toutefois citer des travaux d’une équipe vietnamo-australienne particulièrement active sur le sujet (Truong et al., 2017, 2018, 2019 ; De Gruyter et al., 2017). Ces études sont réalisées par le biais d’enquêtes et montrent des liens clairs entre l’utilisation auto-déclarée de téléphones portables en conduisant et les accidents/chutes signalés. La dernière étude considérait les effets des communications téléphoniques mais aussi de l’usage des systèmes de navigation, de la messagerie et des réseaux sociaux.

3.1.1 L’Affichage Tête Haute (Head-up Display ou HUD)

La technologie HUD a une très longue histoire dans l’industrie aéronautique et est également apparue depuis des décennies dans les voitures. Les HUD automobiles sont principalement des projections d’informations réfléchies sur le pare-brise légèrement en dessous de la ligne centrale du regard, et fournissent une distance d’image virtuelle de 2-3 mètres (recouvrant l’asphalte) qui est la distance de repos de l’œil.

Les types d’information des HUD de voitures peuvent être classés en cinq catégories (Park & Park, 2019):

- état du véhicule (par exemple, vitesse actuelle, état du changement de vitesse, carburant),
- sécurité (par exemple, avertissement de collision, maintien de la trajectoire),
- navigation (par exemple, instructions de navigation, distance à destination),
- communication/information (par exemple, radio, appel téléphonique) et
- environnement extérieur (température).

Contrairement à la plupart des systèmes d’information pour les véhicules conventionnels qui affichent des messages visuels sur des écrans installés ou montés sur le tableau de bord, l’affichage tête haute permet aux conducteurs de se concentrer plus rapidement d’avant en arrière entre la route et les informations du HUD (Pauzié, 2015 ; Häuslschmid et al., 2018). Les HUD peuvent ainsi soutenir la double tâche de surveillance de la route et de traitement des informations présentées (Häuslschmid et al., 2018). Les développements les plus récents incluent la réalité augmentée (AR-HUD) avec des informations réfléchies dans le champ visuel central,



Copyright: Jarvish

recouvrant la scène routière, et semblant faire partie de la situation de conduite elle-même (Pauzié, 2015). Parmi les avantages en matière de sécurité issus de recherches empiriques dans le secteur de la voiture, on retrouve:

- plus de temps d'observation de la route (moins de regard sur l'écran) et moins de temps de ré-accommodation visuelle (surtout pour les conducteurs âgés),
- des réactions plus rapides aux événements,
- un contrôle plus constant de la vitesse,
- moins d'infractions,
- une détection précoce des obstacles routiers et des événements critiques,
- une diminution de la charge mentale et
- une meilleure connaissance des situations.

Ces résultats peuvent toutefois différer selon les interactions avec des variables indépendantes comme l'âge du conducteur, la charge mentale et la complexité de l'information (Gish et Staplin, 1995 ; Horrey et al., 2003 ; Liu & Wen, 2004 ; Doshi et al., 2009 ; Ablaßmeier et al., 2007 ; Pauzié, 2015).

De plus, certains aspects négatifs des HUD voitures ont également été démontrés:

- effet tunnel perceptif (moins de détections périphériques),
- capture cognitive (déplacement automatique de l'attention vers le HUD),
- économie de temps de balayage pouvant n'être valable que pour les situations de faible charge mentale,
- interférences de contraste masquant affichée des objets externes,
- fausses perceptions de taille/distance car le champ de vision de l'écran n'est pas infini (mais plus proche) pouvant faire apparaître les objets sur la route plus petits et plus distants,
- parasites visuels, occultations visuelles, attention visuelle réduite et informations additionnelles entraînant la distraction (Mendes, 2015 ; Gish et Staplin, 1995 ; Tretten et al., 2011 ; Ablaßmeier et al., 2007 ; Pauzié, 2015).

Parmi les différents facteurs influençant l'efficacité et la facilité d'utilisation des HUD, on retrouve :

- la position de l'écran,
- la distance entre l'écran et les yeux,
- la luminosité et la luminosité de l'écran, et
- la complexité du fond (Mendes, 2015)

Mahajan et ses collaborateurs (2015) résument que l'avantage le plus important démontré des HUD dans les voitures est qu'ils gardent les yeux et l'attention des conducteurs dirigés vers la route, ce qui permet des réactions plus rapides et plus de temps disponible pour éviter les collisions, et améliore ainsi la sécurité routière. Les HUD affichant des informations qui nécessitent normalement de longs regards loin de la route, comme la navigation sur un écran de tableau de bord, pourraient donc apporter un bénéfice en termes de sécurité, car plus la durée d'observation hors route est longue, plus la probabilité d'accident est grande, la valeur critique étant pour la voiture "supérieure à 2 secondes" (Pauzié, 2015 ; Mahajan et al., 2015).

Le compromis entre l'augmentation du temps passé sur la route et les effets négatifs possibles en termes de sensibilité à d'éventuels événements critiques sur la scène de conduite avant, reste à déterminer (Pauzié, 2015).

Bien que les HUD automobiles soient sur le marché depuis des décennies, aucun ensemble de mesures et de méthodes communes pour évaluer ces paramètres n'a été établi jusqu'à présent (Park & Park, 2019). L'importance des études sur les facteurs humains pour évaluer l'utilité globale des HUD, en tenant compte des exigences fonctionnelles (besoins d'information diverses et changeantes) des utilisateurs (dans différents

contextes) (c.-à-d. l'utilité), ainsi que des exigences relatives à l'interface utilisateur (c.-à-d. la convivialité), a été soulignée pour les HUD automobiles.

3.1.2 HUD pour moto

Les initiatives HUD pour motocyclistes proposent principalement des dispositifs complémentaires à monter sur le casque (p. ex., Revedr, BikeHUD, EyeLights) ou des systèmes intégrés au casque (p. ex. Livemap).

La plupart de ces HUD n'affichent pas sur la visière du casque, mais utilisent un écran dans une zone périphérique proche d'un œil, par exemple dans le coin inférieur ou supérieur, le plus souvent du côté droit, car il s'agit le plus souvent de l'œil directeur.



Figure 6 – Localisation du HUD dans le casque et affichage des informations

Les informations affichées sur les HUD peuvent être la vitesse pratiquée, la limite de vitesse courante, le guidage routier (par exemple la distance), la navigation, la vitesse engagée, l'heure, les appels téléphoniques (par exemple l'identification de l'appelant), les pistes musicales... (Mendes, 2015; Häuslschmid et al., 2018).

Häuslschmid et ses collaborateurs (2018) ont ainsi évalué certains de ces prototypes HUD et ont fourni les synthèses suivantes :

- "Le **BikeHUD** [2016] utilise un affichage invisible qui affiche l'image sous l'œil gauche et à une distance optiquement infinie. L'unité d'affichage occulte la vue des cyclistes et nécessite un regard direct vers le bas pour la lecture du contenu. Le BikeHUD nécessite une connexion câblée avec le vélo."
- Le **Reevu MSX1** [2016] est également une version assez simple d'un écran monté sur le casque et présente un rétroviseur numérique sur le bord supérieur du casque. Comme la distance aux yeux est très faible, il est difficile de faire la mise au point visuelle sur l'écran."
- Le **Skully AR-1** [2016] est un projet de collecte de fonds qui a récemment échoué. Le concept optique était similaire à celui de Google Glass et l'image placée à la périphérie devait afficher, par exemple, une vue arrière et des informations de navigation."

- *La **Randonnée Nuviz** [2016] est aussi un projet de collecte de fonds. L'unité d'affichage est fixée à l'extérieur du casque et présente son image sous l'œil droit. Le casque peut être connecté par Bluetooth au smartphone et contrôlé par une unité de commande personnalisée pour le guidon."*
- *Le **casque LiveMap** [2016] affiche une image binoculaire à une distance d'environ 4 m et dans le champ de vision central. L'entreprise justifie ce placement en promettant de limiter l'affichage central de contenus complexes à des vitesses très faibles. Le système est fondé sur l'usage d'un projecteur, intègre des capteurs tels qu'un gyroscope et peut être connecté au smartphone. Le casque est encore en développement."*

Comme les dispositifs HUD pour motocyclistes ne sont apparus que récemment sur le marché (et ont souvent disparu prématurément), les recherches sur leur impact sur la sécurité routière sont pratiquement inexistantes. Les études disponibles visent principalement à mettre au point des prototypes de HUD et à évaluer les aspects de conception (p. ex. Mendes, 2015 ; Ito et al., 2018).

Les quelques études disponibles sur un nombre limité de variables démontreraient que le HUD induirait une charge de travail plus faible, générerait moins la tâche de conduite et conduirait à une plus grande conformité aux limitations de vitesse par rapport à l'affichage classique. Cependant, une enquête paneuropéenne (Baldanzini, N., Delhay, A., 2015) réalisée auprès de près de 5000 motocyclistes de 23 pays européens et concernant 53 innovations en matière de sécurité moto, relevait que l'"Affichage des informations sur la visière du casque", l'"Affichage en temps réel de l'arrière-vue sur la visière du casque" et l'"Affichage tête haute des informations du véhicule sur la visière du casque" figuraient parmi le top 10 des fonctionnalités évaluées comme étant les plus dangereuses. La crainte derrière ces dispositifs étant qu'ils nécessitent une interaction active avec le conducteur, entraînant une surcharge d'informations et une distraction à un moment critique de la conduite.

Par ailleurs, il a été supposé que la plupart des avantages des HUD de voiture s'appliquent également aux HUD de 2RM, alors que certains désavantages ne s'appliquent pas aux motocyclistes ou sont différents pour eux (en raison des différences entre les dispositifs), bien que des problèmes comme la capture cognitive et le tunnel perceptuel devraient également être considérés pour les HUD des motocyclistes (Mendes, 2015).

Il existe en effet des différences marquées entre la conduite « auto » et la conduite « moto ». Cela oblige à prendre en compte les caractéristiques typiques de la conduite moto dans la conception des HUD. Par exemple, les motocyclistes se concentrent généralement plus souvent sur la surface de la route que les automobilistes et ont donc un regard plus dispersé verticalement que les automobilistes (Ito et al., 2018). Häuslschmid et ses collaborateurs (2018) ont étudié trois conditions de contenu d'affichage (vitesse, vitesse et limite de vitesse, vitesse et limite de vitesse et information de courbe), dans deux variantes d'affichage (prototype HUD et HDD), dans une conception intra-sujet utilisant un simulateur de conduite (courbes avec différents rayons, limites de vitesse entre 70 et 110 km/h différentes). Leurs études indiquent que les motocyclistes ont en outre un champ de vision périphérique plus restreint que les automobilistes, en raison du casque, ce qui augmente le risque de mauvais jugements de situations routières. Le conducteur moto doit donc faire plus de mouvements avec la tête et les yeux éloignés de la scène routière pour vérifier, par exemple, les informations dans les angles morts ou le tableau de bord. De tels changements dans la focalisation et l'attention peuvent être dangereux, car les événements sur route exigent souvent des réactions rapides et peuvent facilement être manqués.

Enfin, sur base de leurs études, et en tenant compte du type de HUD actuellement le plus disponible pour les motocyclistes, Häuslschmid et ses collaborateurs (2018) pensent qu'une petite zone dans le champ visuel périphérique proche ($>10^\circ$) de l'utilisateur est l'endroit le plus sûr pour positionner l'information, en maintenant les zones fovéal ($<2^\circ$) et centrale ($<10^\circ$) lorsque l'on regarde droit devant la route libre.

3.2 Essais sur route

Outre l'étude pilote sur simulateur, les auteurs du rapport ont également souhaité tester la technologie sélectionnée (EyeLights) « en vrai », sur la route. 6 testeurs eu l'occasion d'expérimenter le système et d'exprimer leur opinion subjective à travers un questionnaire (disponible en annexe).

Parmi les testeurs, on retrouve 3 motocyclistes expérimentés de l'institut Vias et 3 motocyclistes hors institut. Ils ont installé et testé le système EyeLights pendant un minimum de 2 heures de conduite. A la suite de leur test sur routes, les testeurs ont rempli un questionnaire en ligne (cf. Annexe 1).

Profils des testeurs : Tous les testeurs disposaient d'un permis voiture ; tous sauf un disposaient d'un permis moto toutes cylindrées (A). Deux tiers des testeurs était des femmes, et tous indiquaient rouler plus de 2500 km par an. Cinq testeurs sur 6 roulaient entre 2 et 3 fois par semaine, ou plus. Tous les testeurs, sauf un, disposaient ou avaient une expérience avec un dispositif d'affichage tête basse (HDD – GPS au guidon ou autre). Deux tiers des testeurs n'avaient pas de vue corrigée, les 2 autres portant des lunettes. Enfin, à la question de profilage technologique⁸, tous, sauf un, montraient une attitude favorable vis-à-vis de la technologie sélectionnant l'affirmation « Les technologies sont une opportunité de rendre la route plus sûre, plus écologique et plus fluide (moins d'embouteillages) ».

Fonctionnalités testées : Si toutes les fonctionnalités de la technologie EyeLights n'ont pu être testées par tous les testeurs, la totalité des testeurs a pu tester la navigation et les informations vitesse.

Avis : Dans l'ensemble, les avis sont partagés sur l'impact et le devenir de cette technologie, la moitié des testeurs restant sans avis pour l'instant, l'autre moitié montrant un enthousiasme inconditionnel vis-à-vis de la technologie testée.

Outre le maintien du regard sur la route, on retrouve parmi les points positifs soulevés par certains testeurs, la plus grande sensibilisation aux limitations de vitesse, induisant un meilleur respect de celles-ci.

Deux tiers des testeurs ont admis toutefois avoir perçu un impact sur leur conduite habituelle et avoir dû adapter celle-ci, considérant que la technologie EyeLights les a distrait de leurs activités habituelles de conduite (*scanning* du trafic, analyse des risques, contrôle de la vitesse moto, contrôle des actions des autres utilisateurs, etc.). Exemple marquant mentionné par l'une des testeuses: « Je me suis surprise à regarder l'affichage alors que je souhaitais regarder mon rétroviseur de droite ». L'élément le plus perturbateur semble avoir été la manipulation du système lui-même via son boîtier collé à la gauche du casque.

Comparée à l'affichage tête basse pour ceux qui en avait l'expérience, les avis sont nuancés. Si 3 testeurs sur 5 estiment que la technologie est moins disruptive, 2 testeurs estiment tout de même être moins perturbés par le GPS au guidon. Parmi les remarques de ces derniers, on retrouve le fait qu'avec le GPS au guidon, le conducteur a le choix de compléter l'information audio reçue par de l'information visuelle si nécessaire, et de rester maître du choix de quitter la route des yeux s'il l'estime approprié. A l'inverse, l'affichage tête haute (HUD) impose selon eux l'affichage d'informations dans le champ de vision quel que soit l'environnement.

Il est à noter également que les testeurs ont soulevé le caractère « prototype » du système avec de nombreuses améliorations à prévoir (qualité audio, amélioration ergonomique, clarté et précisions des informations, vibration de l'image à vitesse plus élevée, perte d'informations, etc...), autant d'éléments qui entrent dans l'évaluation de la technologie elle-même, mais aussi dans l'évaluation de son impact distrayant.

⁸ Comme dans l'essai sur simulateur, et les sondages sur les technologies de 2015, il a été demandé aux participants de choisir parmi 3 affirmations, celle qui correspondait le plus à leur opinion : (1) « Les accidents augmentent car les conducteurs sont de plus en plus distraits par les technologies. » (2) « Nous n'avons pas le choix: la technologie est là et nous devons nous adapter. » ; (3) « Les technologies sont une opportunité de rendre la route plus sûre, plus écologique et plus fluide (moins d'embouteillage). C'est la solution à une demande de trafic en croissance constante. »

3.3 Expérimentation sur simulateur

Partant de l'hypothèse de départ que l'utilisation d'un affichage tête haute ou tête basse présentent des caractéristiques de conduite différentes, les objectifs de cette étude-pilote consistaient à évaluer :

- l'utilité du mode d'affichage HUD et HDD
- l'expérience utilisateur
- l'interaction avec les systèmes.

3.3.1 Participants

Trente-cinq motocyclistes expérimentés entre 27 et 56 ans (âge moyenne 37,5 / écart type (ET) 7,3) ont pris part à cette étude entre le 21 Novembre et le 2 Décembre 2019. Malgré le souhait de refléter le ratio homme / femme dans le passage des permis moto (environ 10 % de femmes), cette proportion n'a pas pu être respectée sur base des critères de validation des testeurs volontaires (1 femme).

Les motocyclistes devaient avoir une expérience de la conduite de plus de 5 ans, avec une conduite habituelle de plus de 3 000 km/an au cours des dernières années. Tous les participants disposaient d'un permis de conduire A/A2 depuis 12,3 ans en moyenne (écart type 8,5) (minimum/maximum 5 an / 38 ans). 33 participants détenaient également une licence A1 depuis 17,5 ans en moyenne (écart type 6,6); minimum/maximum 6 ans / 28 ans). La plupart des participants (32) disposaient également d'un permis de conduire pour les véhicules de catégories B (voitures) (durée moyenne 18,7 ans (écart type 7,4) ; minimum 8 ans/ max 37 ans). La moyenne de kilomètres parcourus au cours des 3 dernières années était de 13 538 km/an (écart type 8 395) avec un minimum-maximum de 5 000 à 40 000 km/annuel.

Tableau 2 Caractéristiques des participants d'étude

N étude = 35	
Age	Min 27 ans Max 56 ans Moyenne 37,5 ans (ET 7,3)
Sexe	34 hommes 1 femme
Permis de conduire A/A2 duration	Min 5 ans Max 38 ans Moyenne 12,3 ans (ET 8,5)
Permis de conduire B duration	N 32 Min 8 Max 37 Moyenne 18,5 ans (ET 7,4)
Km/an parcourus (3 dernières années)	Min 5 000 Max 40 000 Moyenne 13 538 (ET 8 395)

Les conducteurs devaient avoir une bonne vision ou une vision corrigée avec des lentilles (pas de lunettes, pour éviter un problème d'installation du HUD). Ils devaient avoir l'œil directeur « droit » (cf. dans la préfiguration des informations données pour le recrutement en annexe la méthode proposée pour l'auto-test de cette caractéristique).

L'appel à testeur a été lancé via le site web et les réseaux sociaux de Moto Magazine, premier magazine moto de France. Les participants étaient recrutés via un questionnaire de pré-sélection hébergé sur le site de l'Institut Vias (en annexe une préfiguration des informations données pour le recrutement sur une plate-forme internet). Les véhicules utilisés par ceux-ci étaient très hétérogènes (10 marques différentes, modèles, cylindrées (de 125 à 1 400cc) et puissance (de 11 à 147kW).

Plus de la moitié des participants (19) ont indiqué avoir beaucoup d'expérience de conduite en moto avec un GPS dit "tête basse" (fixé sur guidon/réservoir) (54,5%), 11 (31,5%) ont indiqué avoir un peu d'expérience et seuls 5 d'entre eux (14,5%) pas d'expérience du tout. Tous les participants indiquèrent qu'en général ils roulent plus que deux fois par semaine.

Enfin, il a été demandé aux participants comment ils percevaient l'évolution technologique dans les transports. Les participants devaient choisir parmi 3 affirmations, celle qui correspondait le plus à leur opinion. Tableau 3 donne les résultats.

Tableau 3 Perception des participants d'étude de l'évolution technologique dans les transports

Affirmations	% de participants (nombre)
« Les technologies sont une opportunité de rendre la route plus sûre, plus écologique et plus fluide (moins d'embouteillage) C'est la solution à une demande de trafic en croissance constante. »	80% (28)
« Les accidents augmentent car les conducteurs sont de plus en plus distraits par les technologies.»	14,3% (5)
« Nous n'avons pas le choix : la technologie est là et nous devons nous adapter. »	2,9% (1)

Cette tendance illustre une évolution sensible de perception de l'assistance technologique, comparée à la perception exprimée lors des études sur les STI et l'enquête paneuropéenne organisée de 2015 (Delhayé & Marot, 2015 ; Baldanzini & Delhayé, 2015).

Tous les participants recevaient une indemnité de 75 € en compensation des contraintes générées par leur participation à cette recherche.

3.3.2 Matériel

3.3.2.1 Le simulateur moto

L'UGE dispose d'un simulateur de conduite moto original et performant, quoique toujours objet de recherche, simulateur développé à l'INRETS en 2006 dans le cadre du projet de recherche SIMACOM. Ce simulateur a permis de réaliser un certain nombre d'études (Lobjois 2016a, 2016b; Bougard 2015). Le simulateur moto est un des 10 prototypes « haut de gamme » actuels dans le monde. (cf. Figure 8).

Le simulateur moto de l'UGE est un environnement virtuel constitué:

- de 3 grands écrans (TV 55 pouces, soit environ 1,2 m x 0,7 m) fixes, assemblés bord à bord pour obtenir une surface visuelle quasi-continue. Les 3 écrans sont disposés sous la forme d'un pseudo-cercle avec comme centre la tête du conducteur (angle de vue de 130°). Ce dispositif permet la visualisation d'une scène routière. La résolution spatiale des écrans est de 1920 x 1080 pixels (environ 40 pixels par degré (ppd) pour le conducteur). La résolution temporelle des images est de 60 Hz.
- d'un châssis complet de moto doté d'un retour d'effort au guidon, châssis supporté par une plateforme mobile permettant des mouvements en tangage, roulis, lacet (environ
- + /-10° d'amplitude chacun). Le châssis est en outre équipé d'un dispositif permettant de modifier la distance guidon / conducteur afin de renforcer des illusions d'accélération / freinage. Le châssis de la moto dispose des actionneurs originaux (commodo droite et gauche, poignée accélérateur et leviers de frein et d'embrayage au guidon, pédale de frein et sélecteur de boîte de vitesse aux pieds).
- d'un retour sonore constitué d'un caisson de basse et de quatre haut-parleurs (rendu connu sous le nom de « 5.1 »).



Figure 7 - Vue du simulateur moto UGE "SIMACOM" (Copyright : UGE)

Le logiciel utilisé pour le rendu visuel (SIM², dans sa version SIMU&MOTO) permet de placer l'horizon visuel à la hauteur du regard de chaque sujet en fonction de sa morphologie. L'environnement virtuel utilisé (GIF2) consiste en une boucle d'environ sept kilomètres représentative d'un environnement réel (zone de la ville de Gif sur Yvette). Le réseau est constitué d'une zone de 3,5 km utilisée 2 fois car bouclée à ses extrémités (cf. Figure 9 A et B).

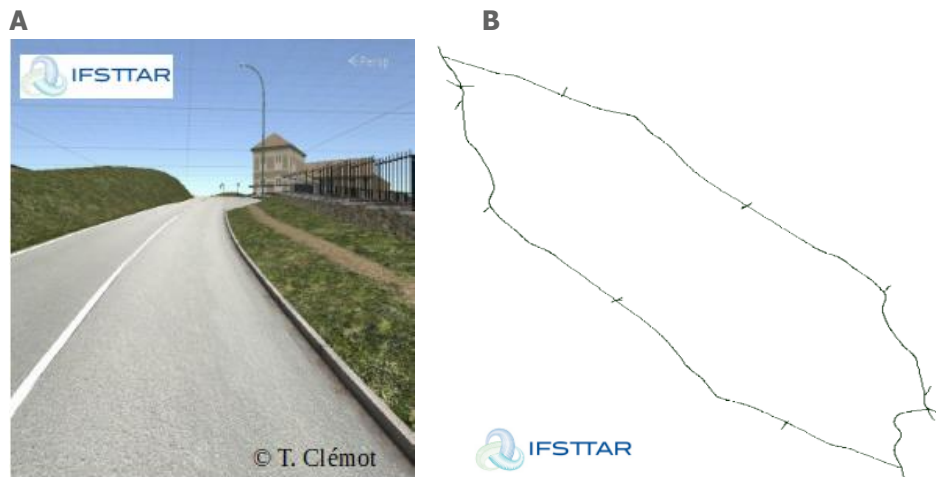


Figure 8 A et B - Scénario moto GIF2 (A) ; Vue du réseau GIF2 (B) (Copyright : UGE)

Le logiciel permettant de simuler le modèle du 2RM (et donc au conducteur de déplacer le véhicule virtuel dans le monde virtuel) et d'animer un trafic interactif (ARCHISIM, dans sa version SIMU&MOTO) enregistre l'état des capteurs, les positions, attitudes (cap/roulis/tangage), vitesses et accélérations du véhicule sujet ainsi que des véhicules rencontrés. ARCHISIM est aussi en charge de produire le rendu sonore via un système hi-fi 5.1 permettant une spatialisation des différentes sources sonores de l'environnement virtuel (ego véhicule et véhicules simulés).

3.3.2.2 Les dispositifs de visualisation

Pour le HUD, le système EyeLights HUD pour motocyclistes (<http://www.eye-lights.com>) était utilisé pour l'étude ainsi qu'un navigateur « standard » sur téléphone.

Le système EyeLights comprend un dispositif que l'on fixe dans un casque à l'aide d'un velcro. Un écran LCD est réfléchi par le biais d'un miroir semi-transparent, miroir intégré à un prisme transparent de section carrée. La position est adaptée à chaque conducteur. Le système est placé devant l'œil droit, au-dessus de la ligne d'horizon. Le conducteur doit lever les yeux pour lire l'information affichée.

Pour le HDD, le navigateur sur « smartphone » était fixé sur le guidon du simulateur de conduite moto grâce à un « col de cygne ». La flexibilité du « col de cygne » et son positionnement permet au conducteur d'ajuster la position selon ce qui lui convient. L'écran ne gêne ni les manœuvres, ni la vision de la route, ni la vision du compteur de vitesse.

3.3.2.3 Questionnaires et tests

Les questionnaires utilisés étaient des versions francophones du :

- Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (Kennedy et al., 1993) pour l'évaluation du mal du simulateur ;
- Présence questionnaire (Witmer & Singer, 1998, révisé par le Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, 2002) pour l'évaluation du sentiment de présence ;
- NASA TLX (Hart & Straveland, 1988) pour la mesure de la charge mentale ;



et deux questionnaires spécifiquement construits pour cette étude :

- Évaluation subjective de la conduite (après chaque conduite : affichage « tête haute » / « tête basse »)
- Questionnaire d'opinion (après la participation)

Tous ces questionnaires sont inclus en annexe.

3.3.3 Situation expérimentale

Le plan d'étude est intra-sujets. L'ordre d'usage des 2 systèmes (« tête basse » (HDD) et « tête haute » (HUD) est contre balancée entre les sujets.

La situation expérimentale consiste en la conduite libre sur le circuit routier GIF2 avec un trafic en sens inverse (lorsque possible) et un trafic dans le même sens hors les zones « de test » pour lesquels il n'y a pas de trafic dans le même sens que le véhicule de la personne prenant part à l'expérimentation.

Les participants réalisaient des parcours en conduisant le simulateur moto de l'Ifsttar localisé dans les locaux du laboratoire SATIE, bâtiment DIGITEO 660, Orsay, France. La conduite était libre, le sujet avait comme objectif d'aller chercher son (sa) compagnon (compagne) sous contrainte horaire « standard » (i.e. n'imposant pas de sur ou sous-vitesse). Le participant avait comme consigne de réaliser son déplacement et de gérer le trafic de manière naturelle

Les systèmes de navigation informaient le conducteur de ses *prochaines directions*, de la *limite de vitesse courante* et de sa *vitesse courante*. La navigation permettait de guider le conducteur pour qu'il réalise une « boucle » sur le circuit (cf Figure 9 A et B).

3.3.4 Variables et plan expérimental

Au cours de son déplacement le conducteur passait par des rond-points, des intersections et des courbes. Le trafic était peu dense. La limitation de vitesse changeait au cours du trajet et était rappelée par des panneaux de signalisation.

De manière aléatoire et contre-balancée, le conducteur faisait face à des situations routières considérées comme « à risque » et potentiellement « critiques » alors qu'il recevait des informations de navigation :

- un véhicule masquant la visibilité à l'approche d'un rond-point ;
- un véhicule masquant la visibilité à l'approche d'une courbe ;
- un véhicule qui ralentit au moment où une information de guidage est « poussée » vers le conducteur par le navigateur ;
- un véhicule lent en sortie d'une courbe ;
- un véhicule « forçant » le passage à une intersection.

Nous avons 2 modalités d'affichage (affichage « tête haute » (HUD) et affichage « tête basse » (HDD)).

Le plan d'expérience se présentait donc sous la forme suivante : 35 participants * modes d'affichage 2

Le temps de parcours de chaque trajet était à peu près 15 minutes (7 km réalisés à une moyenne de 30 km/h du fait de la présence de ronds-points sur le parcours).

Les effets sur les paramètres de conduite pertinents pour la sécurité routière étaient évalués, dans des conditions de conduite normales ainsi que dans des situations plus dangereuses pour les motocyclistes.

Les mesures expérimentales comprenaient des données sur la conduite (moyenne/écart-type de la vitesse, écart-type de la position latérale – des mesures sensibles à la distraction (Papantoniou et al., 2015) et des données subjectives (expérience de la conduite, charge mentale, et évaluation des systèmes).

3.3.5 Procédure expérimentale

L'expérimentation comprenait une session de 1h30 environ.

Chaque participant était accueilli individuellement par l'expérimentateur qui lui expliquait le déroulement de l'expérience et lui remettait la « notice d'information relative à la recherche ». Le participant signait ensuite le « formulaire de consentement libre et éclairé ». Il effectuait ensuite le test d'équilibre. Il passait ensuite sur simulateur pour une phase de familiarisation (conduite libre sur un réseau routier d'une durée d'environ 15 mn suivi d'une phase de repos d'environ 5 mn).

Pour la passation :

- le participant était conduit dans la salle du simulateur moto et l'expérimentateur lui lisait les instructions à haute voix.
- Un questionnaire général (données démographiques) était rempli par le sujet.
- Le sujet réalisait un trajet
- Après son trajet le sujet avait 5mn de pause, au cours de laquelle il remplissait un exemplaire des questionnaires sur la charge mentale et le mal du simulateur.
- Le sujet réalisait un second trajet.
- Après ce deuxième trajet le sujet remplissait un nouvel exemplaire des questionnaires sur la charge mentale et le mal du simulateur ; puis un questionnaire sur la « présence »
- Enfin, le sujet prenait part à un entretien de bilan.

A chaque passation, le participant devait réaliser son trajet de manière naturelle et sans enfreindre le code de la route.

L'ordre des tours (HUD ou HDD) et le point de départ des scénarios (2) étaient contre-balançé entre les participants et par participant pour minimiser l'effet d'ordre.

Avant de repartir le sujet était de nouveau soumis aux tests d'équilibre afin de vérifier son aptitude à rentrer chez lui en sécurité (si non, le participant était convié à se reposer sur place en attendant un retour « à la normale »)

3.3.6 Traitement des données et analyse

Les données brutes ont été pré-traitées afin d'identifier les zones pertinentes pour analyse:

- 4 courbes aveugles limitées à 50 km/h (le conducteur ne peut pas identifier la géométrie de la courbe)
- 4 carrefours limités à 50km/h (rond-points / intersections)

Une « perte de contrôle » (chutes ou accidents) est identifiée lorsque les données de « vitesse » sont égales à 0 km/h pendant plus de 3 secondes. Les données de vitesse associées à la perte de contrôle sont retirées jusqu'à ce que la vitesse du participant atteigne à nouveau 80% de sa vitesse initiale (d'avant la perte de contrôle). Les moyennes et écarts-types de la vitesse et de la position latérale sont calculés dans une fenêtre glissante carrée de 3 s (60 échantillons). Les données des trois premières secondes des tours ont été enlevées (valeurs non pertinentes car liées au démarrage). Les moyennes et les écarts types agrégés des vitesses et position latérale par zone/participants/tour de conduite (condition) ont été calculée.

Pour l'analyse des données du simulateur, les moyennes agrégées et les écarts-types ont d'abord été calculés pour chaque zone. Des ANOVA à mesures répétées ont ensuite été réalisées dans SPSS 22. L'affichage et la zone sont définis comme des facteurs intra-sujets et la vitesse (vitesse moyenne et son écart-type) et l'écart-type de la position sur la route comme variables dépendantes.

Des tests « t » pour échantillons appariés (distribution normale, fondée sur le test de normalité de Shapiro Wilk) et des tests des rangs signés de Wilcoxon (pour les conditions ne suivant pas la loi normale) ont été utilisés dans SPSS 25 pour comparer les données du questionnaire (NASA TLX, SSQ, évaluation subjective de la conduite) pour les deux conditions (HUD vs. HDD).

Lorsque les différences entre les valeurs atteignent un niveau de signification de $p \leq 0,01$ et $p \leq 0,05$, cela est indiqué par un "***" et "**". La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)" (marginalelement significatif).

Des résultats descriptifs sont fournis pour les deux autres questionnaires (questionnaire sur l'état de présence (QEP) et questionnaire opinions après participation).

3.3.7 Résultats

3.3.7.1 Données de conduite

Vitesse moyenne

Une ANOVA à mesures répétées a été réalisée dans SPSS avec comme facteurs intra-sujets le type d'affichage (tête haute vs tête basse) et la zone (toutes les zones concernées sont limitées à 50 km/h). Nous avons examiné la vitesse moyenne dans les 4 zones de courbe (Fig. 3A) et dans les 4 zones de carrefour (Fig. 3B). Les résultats montrent un effet principal significatif pour le type d'affichage dans les deux analyses (courbes : $F(33) = 19,51$, $p < 0,001$; carrefour : $F(33) = 15,81$, $p < 0,001$). Cela montre que la vitesse moyenne était significativement plus faible en condition d'affichage tête haute (courbes $M = 69,24$ km/h, $ET = 13,07$; carrefour $M = 65,02$ km/h, $ET = 10,91$) par rapport à la condition d'affichage tête basse (courbes $M = 78,75$ km/h, $ET = 13,28$; carrefour $M = 71,76$ km/h, $ET = 11,96$) et ce quelle que soit la zone.

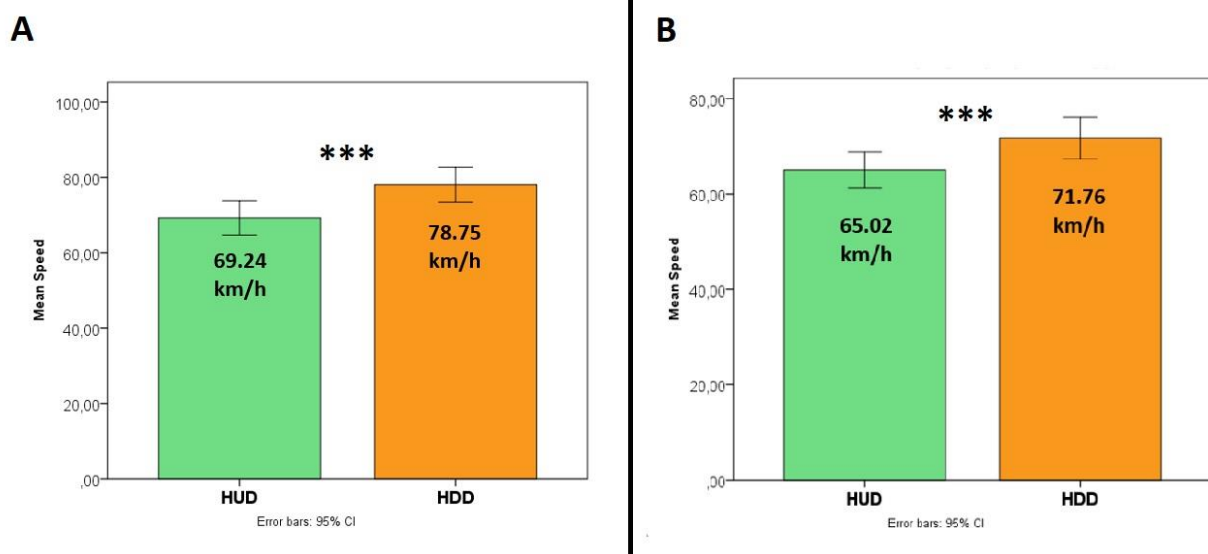


Figure 9 A et B - Vitesse moyenne (km/h) en conditions d'affichage tête haute (HUD) et tête basse (HDD) pour les zones de courbe (A) et les zones de carrefour (B)

Écart-type de la vitesse

Une ANOVA à mesures répétées a été réalisée dans SPSS avec comme facteurs intra-sujets le type d'affichage (tête haute vs tête basse) et la zone (toutes les zones concernées sont limitées à 50 km/h). Nous avons examiné l'écart-type de la vitesse dans les 4 zones de courbe et dans les 4 zones de carrefour (Fig. 4A et 4B, respectivement). Les deux analyses n'ont montré aucun effet principal significatif pour le type d'affichage (courbe : $F(33) = 0,35$, $p > 0,05$; carrefour : $F(33) = 0,29$, $p > 0,05$). Cela montre que l'écart type de la vitesse était similaire pour les zones de courbe et les zones de carrefour dans la condition d'affichage tête haute (courbe $M = 5,7$ km/h, $ET = 2,5$; intersections $M = 7,1$ km/h, $ET = 2,1$) comparée à la condition d'affichage tête basse (50 km/h $M = 6,7$ km/h, $ET = 5,3$; intersections $M = 7,4$ km/h, $ET = 3,6$). Cela indique que la vitesse moyenne n'a pas varié de façon importante dans l'une des deux conditions.

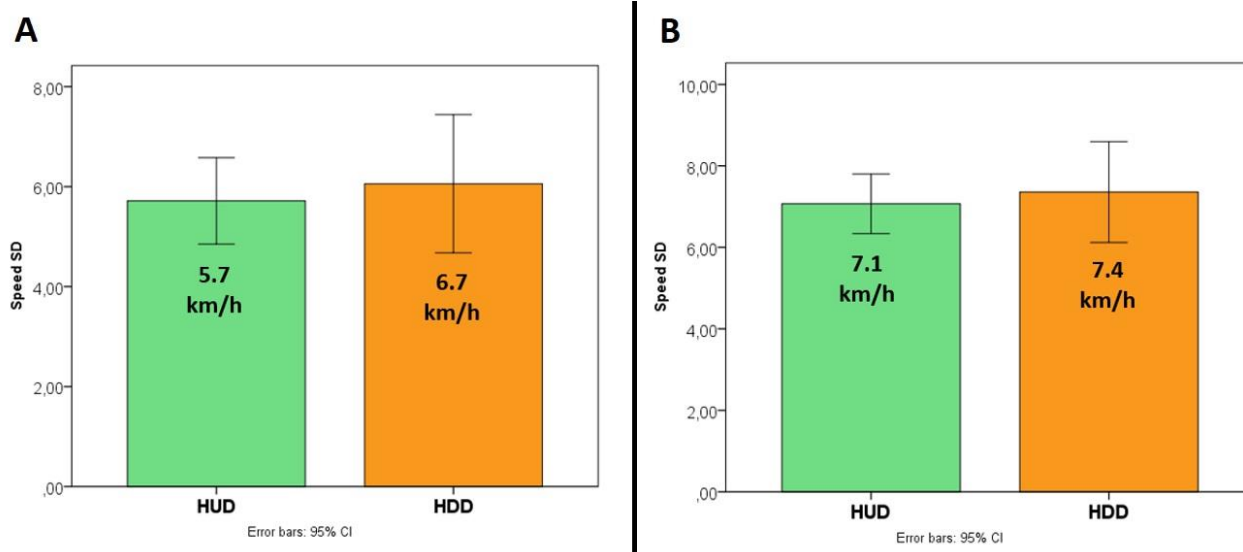


Figure 10 A et B - Écart-type de la Vitesse (km/h) en condition tête haute (HUD) vs en condition tête basse (HDD) pour les zones de courbe (A) et les zones de carrefour (B)

Écart-type de la position latérale

Une ANOVA à mesures répétées a été réalisée dans SPSS avec comme facteurs intra-sujets le type d'affichage (tête haute vs tête basse) et la zone (toutes les zones concernées sont limitées à 50 km/h). Nous avons étudié l'écart-type de la position latérale dans les 4 zones de courbe et dans les 4 zones de carrefour, Fig. 5A et 5B, respectivement). Les deux analyses ont montré un effet principal significatif pour le type d'affichage (courbe : $F(33) = 4,99$, $p < 0,05$; intersections : $F(33) = 5,21$, $p < 0,05$). Cela montre que l'écart type de la position latérale était significativement plus faible dans la condition d'affichage tête haute (courbe $M = 301\text{mm}$, $ET = 270\text{mm}$; intersections $M = 282\text{mm}$, $ET = 154\text{mm}$) que dans la condition d'affichage tête basse (courbe $M = 351\text{mm}$, $ET = 228\text{mm}$; intersections $M = 328\text{mm}$, $ET = 175\text{mm}$) et ce quelle que soit le type de zone.

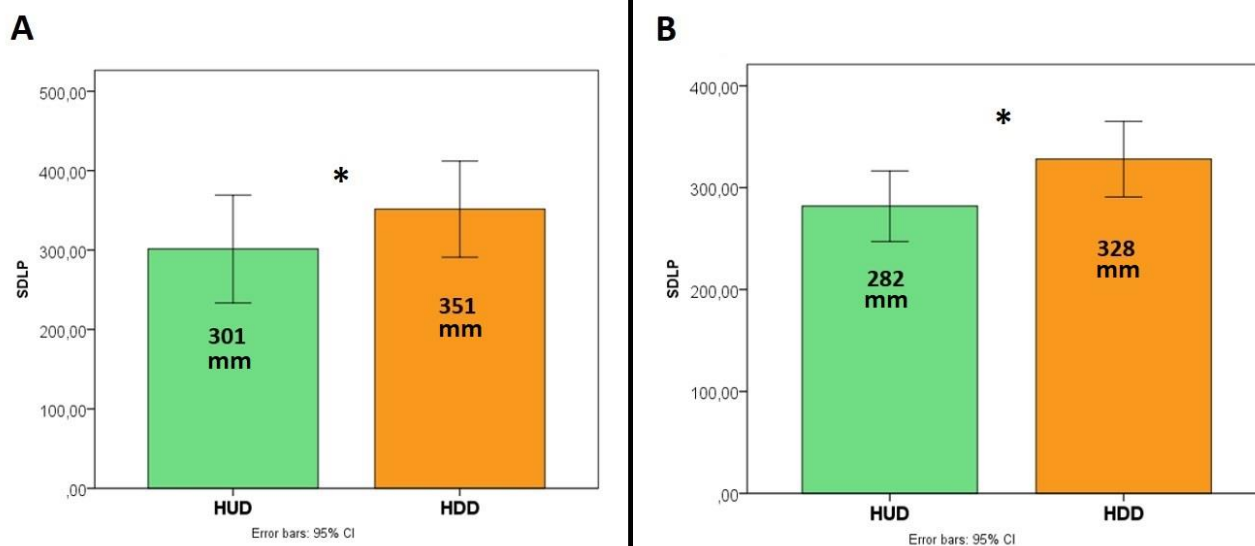


Figure 11 A et B - Écart-type de la position latérale (mm) en condition d'affichage tête haute (HUD) et tête basse (HDD) dans les zones de courbe (A) et de carrefour (B)

Pertes de contrôle

Le nombre total de pertes de contrôle, qui pouvaient être des chutes ou des accidents, était de 10 en condition d'affichage tête haute (HUD) et de 15 en affichage tête basse (HDD). Nous avons testé si cette différence était significative en utilisant le test de rang signé de Wilcoxon dans SPSS. Le test a montré que le nombre de chutes ne différait pas de manière significative entre les deux conditions ($Z = -0.691$, $p > 0,05$).

3.3.7.2 Données issues des questionnaires

Questionnaire sur l'état de présence dans le simulateur

La plupart des participants ont évalué leur présence dans l'environnement virtuel du simulateur de façon élevée, indiquant un assez bon niveau d'immersion du simulateur moto et des scénarios : note moyenne globale de 109,4 ($ET = 21,34$), ce qui est légèrement supérieur à la norme ($M = 104,39$, $ET = 18,99$).

Évaluation subjective de la conduite

Après chaque trajet, les participants étaient interrogés sur le ressenti d'utilisation de l'affichage (tête haute vs tête basse) et ceci sur 10 paramètres: (pas) dangereux, (pas) difficile, (pas) confortable, (pas) disruptif pour la conduite (manipulation de la moto), (pas) distrayant pour la conduite (concentration), (pas) soutien pour la conduite, (pas) obstructif (visuellement), (pas) facile à regarder, transition « route - guidage » (pas) aisé, navigation (pas) facile à suivre. Ils devaient insérer une croix (x) de 1 (favorable) à 10 (défavorable). Les résultats sont présentés dans le Tableau 4 et la Figure 13.

Tableau 4 Évaluation subjective de la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » de 1 (favorable) à 10 (défavorable) (moyenne, ET). Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). Les valeurs à la marge de la signification statistique (p entre 0,05 et 0,07) sont indiquées par "(*)".

	HUD (tête haute)		HDD (tête basse)	
	Moyenne	ET	Moyenne	ET
<i>pas dangereux (1) – dangereux (10) **</i>	2,8	2,1	6,2	2,2
<i>pas difficile (1) – difficile (10) **</i>	2,7	1,8	5,5	2,2
<i>confortable (1) – pas confortable (10) **</i>	3,6	2,3	6,1	2,6
pas disruptif pour la conduite (manipulation de la moto) (1) – disruptif (10) ***	3,2	1,7	5,0	2,6
<i>pas distrayant pour la conduite (concentration) (1) – distrayant (10) **</i>	3,4	2,1	6,7	2,8
soutien pour la conduite (1) – pas de soutien (10) (*)	3,5	2,8	4,7	2,5
<i>pas obstructif (visuellement) (1) – obstructif (10)</i>	3,0	1,9	2,8	2,6
facile à regarder (1) – pas facile à regarder (10) ***	3,1	2,5	6,5	2,4
transition « route - guidage » aisé (1) – transition pas aisé (10) ***	2,7	1,9	6,5	2,6
navigation facile à suivre (1) – navigation pas facile à suivre (10) **	3,6	2,5	5,7	2,9

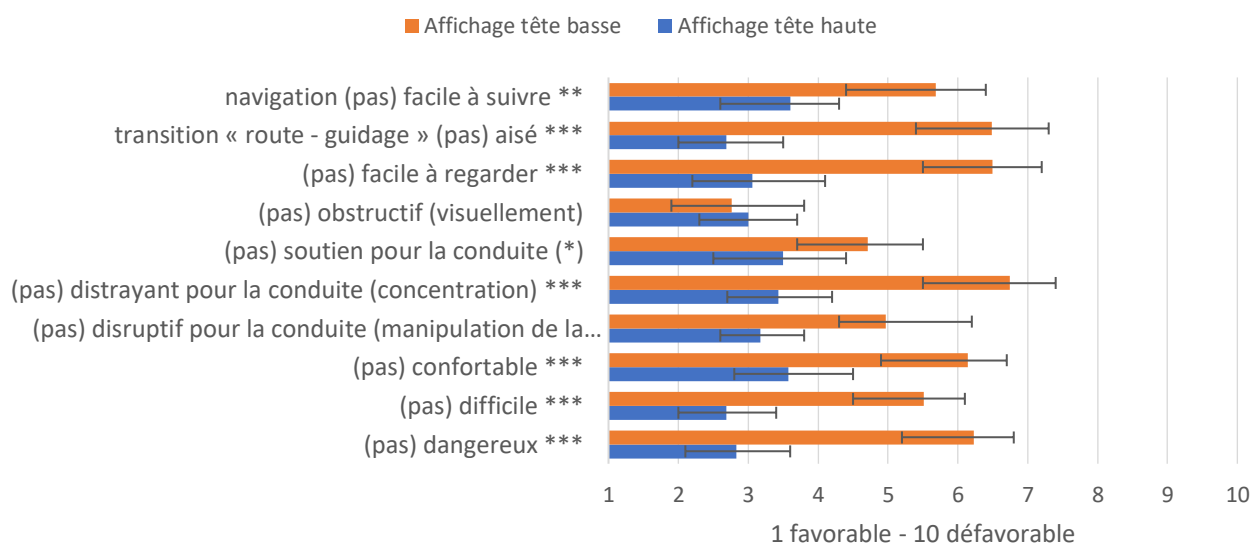


Figure 12 - Évaluation subjective de la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » (1-favorable à 10-défavorable) (moyenne, 95% intervalle de confiance) Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)".

L'ensemble des scores relatifs au HUD se situent du côté positif de l'échelle de notation, tandis que la plupart des scores relatifs au HDD se situe davantage vers une évaluation plus négative.

Les scores diffèrent significativement en faveur de la condition HUD. Comparée à la conduite avec le HDD, les participants ont estimé que conduire avec l'affichage tête haute, était significativement moins dangereux ($Z = -4,408$; $p = 0,000$), moins difficile ($Z = -4,02$; $p = 0,000$), moins perturbant ($T(34) = -3,484$; $p = 0,001$), moins distrayant ($Z = -4,068$; $p = 0,000$) et plus confortable ($Z = -3,453$; $p = 0,001$). En outre, le HUD a été perçu comme étant significativement plus facile à regarder ($t(33) = -5,582$; $p = 0,000$), avec un déplacement de l'attention visuelle entre l'appareil et la route significativement plus facile ($t(34) = -6,856$; $p = 0,000$). Les participants ont également trouvé la navigation significativement plus facile à suivre dans le HUD ($t(34) = -3,374$; $p = 0,002$). Enfin, le HUD a été considéré comme étant davantage un aide à la navigation que le HDD, mais cela n'a été que peu significatif ($t(33) = -1,845$; $p = 0,07$). Aucune différence significative n'a été observée pour le paramètre d'obstruction visuelle : les deux dispositifs ont induit un niveau d'obstruction visuelle faible ($Z = -0,960$; $p = 0,34$).

Indice de charge de travail de la NASA (NASA TLX)

L'indice de charge de travail de la (NASA TLX) a été déterminé après chaque tour afin d'estimer l'effort nécessaire aux participants pour réaliser les 2 tours. Ce questionnaire mesure 6 dimensions : pression mentale, pression physique, pression temporelle, performance, effort, frustration.

Tableau 5 Évaluation de la charge mentale après la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » (moyenne, ET). Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)".

	Tête haute		Tête basse	
	Moyenne	ET	Moyenne	ET
pression mentale (1 peu - 20 beaucoup) ***	6,6	4,7	10,6	5,6
pression physique (1 peu - 20 beaucoup)	3,9	3,0	5,2	4,7
pression temporelle (1 peu - 20 beaucoup) **	2,2	1,6	4,1	4,0
performance (score inversé : 1 très bonne - 20 très mauvaise) (*)	8,9	3,8	10,4	4,2
effort (1 peu - 20 beaucoup) **	5,7	4,1	8,5	5,4
frustration (1 peu - 20 beaucoup)	4,7	4,3	5,6	5,2

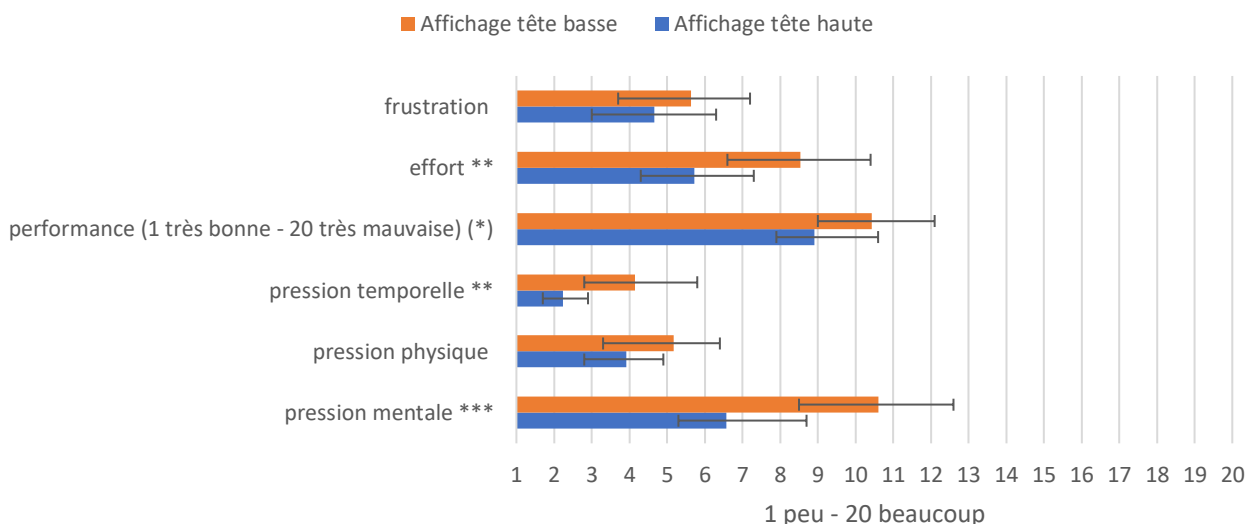


Figure 13 - Évaluation de la charge mentale après la conduite avec affichage « tête haute » et « tête basse » (moyenne, 95% intervalle de confiance). Les différences significatives au test-t sur échantillons appariés et au test de rang signé de Wilcoxon sont indiqués par *** ($p \leq 0,001$); ** ($p \leq 0,01$), * ($p \leq 0,05$). La signification des bords (p entre 0,05 et 0,07) est indiquée par "(*)".

Sur le plan descriptif, les scores moyens du NASA TLX se situent dans la zone où la charge de travail est la plus faible (en dessous du niveau moyen) et elle est généralement perçue comme bien plus faible (charge de travail moindre) en condition HUD qu'en condition HDD.

Selon les participants, la conduite avec le HUD a demandé beaucoup moins d'efforts ($t(34) = -2,987$; $p = 0,005$) et a induit moins de pression mentale ($t(34) = -3,549$; $p = 0,001$) et temporelle ($Z = -2,688$; $p = 0,007$), par rapport à la conduite avec le HDD. La performance de conduite auto-estimée était également meilleure dans la condition HUD, mais il s'agissait d'une différence marginalement significative ($t(34) = 1,853$; $p = 0,073$).

Questionnaire « mal du simulateur »

Avant et après chaque conduite, les participants devaient indiquer dans quelle mesure les symptômes du mal du simulateur (liste ci-dessous) étaient présents sur une échelle de 0 à 4 (0 = pas présent, 1 = légèrement, 2 = raisonnablement présent, 3 = fortement présent) :

- Malaise générale
- Fatigue
- Mal de tête
- Fatigue oculaire
- Difficulté d'accommodation
- Hyper salivation
- Sueur (*)
- Nausée
- Difficulté de concentration
- Tête lourde
- Vision floue
- Étourdissement yeux ouverts
- Étourdissement yeux fermés
- Vertige
- Réveil de la zone gastrique
- Éructation

Aucune différence significative n'a été relevée pour le questionnaire "mal du simulateur" que ce soit après la condition HUD ou HDD (test de rang signé de Wilcoxon, SPSS 25).

Questionnaire opinions après participation

Les participants ont été invités à donner leur opinion sur les HUD à la fin du test. Le tableau 6 présente les résultats obtenus.

Tableau 6 Opinion sur le HUD utilisé pendant l'étude et sur la technologie HUD en général (%)

	Plus sûre	Moins sûre	Sans avis
Selon vous, l'affichage « tête haute » que vous venez d'utiliser est une solution qui rendra la conduite moto ...	80%	3%	17%
Selon vous, la technologie « affichage tête haute » (en général) pourrait être une solution qui rendra la conduite moto ...	91%	3%	6%

Une grande majorité des participants a une opinion favorable du HUD utilisé et de la technologie HUD en général lors de la conduite moto et ce, même si l'opinion est clairement plus élevée pour la technologie HUD en général que pour le dispositif utilisé dans cette étude.

Enfin, il a été demandé aux participants s'ils avaient des remarques concernant l'étude ou leur participation. Le tableau 7 présente un aperçu du retour d'information.

Tableau 7 Retour d'information sur l'étude et la participation

Retours sur le HUD		
Positif	Négatif	Propositions/Questions
Système HUD convainquant et agréable	Idéalement, il faut bien positionner l'affichage "tête haute" bien au-dessus du regard pour être sûr de ne pas être perturbé/attiré tout le temps sur l'affichage. Permet dans ce cas de garder une bonne vision de l'environnement. Manque d'information sur l'affichage "tête haute" par rapport au GPS (annonce du parcours à l'avance en plus de la direction au prochain carrefour)	Pour l'affichage, utiliser des couleurs plus vives - revoir la fixation casque.
Adaptation rapide	Il y a un manque d'information sur la navigation. Il manque le tracé de la route pour anticiper les courbes pour plus de sécurité.	Ce serait peut-être plus adapté si c'était projeté directement dans la visière.
La techno "tête haute" est très importante en moto, plus qu'en voiture car il y a plus de risque. Je n'utilise que très rarement mon GPS car c'est vraiment risqué, je ne l'utilise que si je n'ai pas le choix. Cette techno "tête haute" me plaît car sécurisante.		Comment le système s'adapte-t-il à la buée ?
Au premier abord je pensais que le dispositif serait légèrement gênant mais au bout de quelques secondes je n'y ai vu que du feu, comme si mon casque était équipé depuis toujours.		Je pense qu'un affichage "tête haute" qui s'afficherait directement dans le champ de vision (type affichage "pilote de chasse") serait plus favorable à une conduite sécuritaire
Agréablement surpris par ce dispositif qui permet d'avoir les informations essentielles tout en regardant la route. Cela devient vite un réflexe de le regarder comme un rétroviseur central en voiture.		Sur le dispositif tête haute, l'icône « continuez tout droit » est courbe, ce qui peut perturber sur certaines intersections. Le positionnement en haut est moins naturel (cadres sur la moto par exemple)
L'affichage « tête haute » est légèrement perturbant le temps de l'adaptation (découverte, regard attiré par l'affichage) mais agréable et fonctionnel par la suite. De plus contrairement à l'affichage au guidon, il n'oblige pas à quitter la route des yeux.		
Si bien placé, le dispositif est moins intrusif que ce que j'aurai pu penser.		
Excellente impression et ressenti du système tête haute. Cela évite de "jongler" entre le guidon/compteurs et la route.		
C'est un équipement plus facile à transporter que les GPS à installer et à retirer de la moto.		
Retours sur le simulateur/ les scenarios/ expérience		
Il n'y avait pas de casque à ma taille (XL) ce qui a induit une certaine gêne. Les réactions du simulateur sont parfois surprenantes.		
Manque de signaux à l'approche d'un rond-point, c'est un peu confus.		
Il faut ajuster le sélecteur, régler la sensibilité de la moto.		
Simulation intéressante mais avec des sensations éloignées du réel - perte d'automatismes naturels.		
Le scintillement et les sauts d'image notamment dans les ronds-points sont très perturbants.		
Le manque de réalisme du simulateur (dosage frein, force centrifuge non réaliste avec un contre braquage) doit perturber bon nombre de motocycliste et par conséquent l'objectivité sur l'utilisation tête haute. Le circuit d'entraînement est le même que celui utilisé pour l'étude, autrement dit le testeur utilise sa mémoire plutôt que le système de navigation.		
La prise en main du simulateur est un peu déstabilisante dans un premier temps.		
Le simulateur ne permet pas de tester réellement les dispositifs car il est trop éloigné des sensations dans la réalité sur une moto.		
Le comportement du simulateur est parfois exagéré, notamment au niveau du "toucher du guidon".		
Le guidon est trop sensible.		
Le système tête haute est à tester en conditions réelles.		

Tests en réel qui seraient plus probants car nécessité de s'adapter au simulateur qui demande une plus forte concentration qu'en conditions réelles.
Adaptation réelle sur son casque et en extérieur.
La conduite "au guidon" et non en inclinant la moto est différente de la réalité.
Il y a un réel intérêt au système mais il serait peut-être judicieux de le tester dans de réelles conditions avec un panel de testeurs choisis pour la conduite quotidienne.
Est-il possible de rendre plus réel le comportement de la moto.
Expérience intéressante.
Retours sur le HDD
GPS tête basse sur guidon me semble plus dangereux tandis que le mien (BMW) placé nettement plus haut (en partie basse de mon champ de vision)
L'utilisation du GPS dit "tête basse" me paraissait plus aisée car déjà utilisé à quelques reprises en condition réelles.

3.3.8 Synthèse et limites des résultats

Cette étude intra-sujet sur simulateur moto est une étude pilote visant à évaluer l'effet de l'utilisation d'un HUD (intégré dans le casque), par rapport à l'utilisation d'un smartphone HDD (sur le tableau de bord) – affichant des informations de navigation et la vitesse réelle et maximale autorisée – en situation de conduite sur des routes suburbaines sinueuses. Les effets sur les différents paramètres de conduite liés à la sécurité ainsi que les paramètres subjectifs ont été analysés.

Tout d'abord, il convient de souligner que les résultats de cette étude pilote concernent uniquement le dispositif expérimental actuel. Il s'agissait d'un simulateur moto dédié, de scénarios développés dans le cadre de cette étude et de l'utilisation de dispositifs HUD et HDD spécifiques (systèmes, logiciels et contenu/visualisation). **Les résultats obtenus ne peuvent donc pas être généralisés à tout système HUD et HDD et aux situations réelles.**

Concernant la mise en place de l'étude, on tire les conclusions suivantes:

- La plupart des participants (80%) ont une opinion favorable sur la technologie dédiée au secteur de la moto et pensent que : « Les technologies sont une opportunité de rendre la route plus sûre, plus écologique et plus fluide (moins d'embouteillage). C'est la solution à une demande de trafic en croissance constante. » Il est possible qu'il y ait eu un biais d'échantillonnage dans cette étude, les personnes ayant une idée plus positive des nouvelles technologies étant plus enclines à participer à ce type d'études. Cela peut également avoir eu une influence sur les résultats subjectifs de cette étude. Toutefois, à la lecture des réponses nuancées des tests sur route, dont 90% des répondants affichait une opinion favorable aux technologies, ce biais reste selon toute vraisemblance limité.
- Le sentiment d'immersion dans le simulateur moto et par rapport aux scénarios étaient plutôt bons. L'expérience de conduite en simulateur peut donc être considérée comme une représentation valable de la conduite moto en situation réelle.

Les résultats de l'analyse des données de conduite indiquent que :

- La vitesse moyenne de conduite était significativement plus faible et davantage respectueuse de la vitesse maximale autorisée** dans les courbes masqués et aux carrefours en utilisant le HUD que le HDD. On peut supposer que l'accès à la limite de vitesse était plus accessible ou plus facile ou rapide à consulter avec le HUD qu'avec le HDD.
- La variation de la vitesse n'a pas différé de manière significative entre les deux conditions, cela indique que **la vitesse en condition HUD était constamment plus basse et plus conforme à la limite de vitesse légale qu'en condition HDD.**
- La variation de la position sur la route dans les courbes masqués et aux abords des carrefours était significativement plus faible avec le HUD. Cela indique **une meilleure stabilité de la position sur la route avec le HUD par rapport au HDD**, possiblement due à une perte de temps moindre pour prendre l'information. Cela montre également que **la conduite était plus adaptée dans le cas du HUD**, même si ce dispositif ne fournit pas d'informations sur la géométrie de la route, contrairement au HDD.

Les "pertes de contrôle" (chutes ou accidents) ont été 50% plus nombreuses avec le HDD qu'avec le HUD, mais la différence n'est pas significative. Dans l'ensemble, les résultats de conduite sur simulateur avec un

HUD ou un HDD montrent des différences significatives à l'avantage de la condition HUD dans les paramètres liés à la sécurité.

Les évaluations subjectives des participants sont en accord avec les résultats objectifs:

- Comparativement à la conduite avec un HDD, **conduire avec un HUD a été évalué significativement moins dangereux, moins difficile, moins perturbant, moins distrayant, plus confortable, plus facile à regarder et être un meilleur support à la conduite.**
- Basculer son attention visuelle entre le système et la route a été considéré comme significativement plus facile avec le HUD et **la navigation a également été jugée plus facile à suivre avec ce dispositif.**
- Selon les participants, **la conduite avec le HUD requière significativement moins d'effort et induit moins de pression mentale et temporelle** que de conduire avec un HDD.
- L'auto-estimation de la performance de conduite était également meilleure en condition HUD.
- **Pour 80% des participants, l'affichage tête haute qu'ils venaient d'utiliser est la solution qui rendra la conduite moto plus sûre** (17% sans avis, 3% moins sûre).
- Enfin, la perception de la qualité du HUD « utilisé dans l'étude » était légèrement inférieure à celle de la technologie HUD "en général", ce qui indique que les participants ont perçu des possibilités d'amélioration du HUD utilisé dans le cadre de l'étude.

3.3.9 Limites de l'étude

Plusieurs limites ont été relevées dans le cadre de cette étude pilote:

- Le contenu visuel des systèmes HUD et HDD utilisés différait. Pour le HDD, la navigation affichait également la géométrie de la route, tandis que dans le HUD, seules des flèches étaient affichées sans tenir compte de la géométrie de la route. Les différences constatées peuvent donc également être liées au contenu différent (outre la position différente). Néanmoins, la comparaison a été faite avec des appareils actuellement disponibles sur le marché, cela reflète donc de manière réaliste la situation actuelle.
- La conduite sur simulateur diffère de la conduite sur véhicule réel. La simulation de conduite « moto » est bien plus complexe que celle de la conduite « auto » du fait 1) de l'instabilité naturelle du 2RM et de manœuvres constantes à effectuer pour réaliser une trajectoire, 2) de la forte dynamique du véhicule, et 3) du fait de l'absence de protection face aux éléments et notamment le vent apparent lié à la vitesse de déplacement impossible à reproduire hors soufflerie. Il est toutefois à noter que le simulateur a été relativement « bien jugé ». Des pistes d'améliorations ont été identifiées grâce aux questionnaires.
- La simulation d'un déplacement virtuel pose la question du « leurrage » des dispositifs de localisation GPS, et celle de l'existence de bases de données 3D géoréférencées de qualité suffisantes pour la simulation de conduite. En effet, les applications de navigation utilisent de plus en plus des cartographies téléchargées « au fil de l'eau » et qui sont par définition représentatives de réseaux routiers existants. La conduite sur des réseaux routiers virtuels ne pose pas de problème, ce qui n'est pas le cas de la navigation. Cette difficulté a conduit l'équipe de l'UGE à utiliser un logiciel de navigation « open-source » modifié pour un usage sur simulateur, mais le logiciel avait des fonctions plus limitées que les applications commerciales les plus couramment utilisées par les sujets. Cette limite ne peut être levée que par l'utilisation de bases de données 3D géoréférencées et représentant un réseau existant.
- Nous ne pouvons pas exclure un éventuel effet de biais d'échantillonnage ou de désirabilité sociale, du moins sur les résultats subjectifs, car l'échantillon peut avoir été davantage favorable aux nouvelles technologies. En outre, certains participants peuvent avoir pensé que l'équipe de l'étude n'était pas totalement indépendante du fournisseur de la technologie HUD, et donc avoir donné un retour plus positif pour cette condition. De tels biais devraient être contrôlés au maximum dans les études futures.

3.3.9.1 Études complémentaires

Cette étude pilote nous a permis d'obtenir de nombreuses informations quant aux points de recherche à approfondir, ainsi que des données pour optimiser ce type d'études et affiner les questions de recherche:

- En ce qui concerne le recrutement/l'échantillonnage, il serait bon de prendre en compte les informations sur
 - l'avis général sur la technologie HUD, afin d'éviter tout biais possible d'échantillonnage
 - l'utilisation actuelle des HDD (appareils, logiciels, fréquence...), afin d'inclure l'expérience actuelle des testeurs avec les HDD dans l'analyse.
- L'équipe de recherche doit insister sur sa totale indépendance vis-à-vis des fournisseurs de dispositifs spécifiques afin d'éviter les éventuels effets de désirabilité sociale.
- Le scénario, les événements et le contenu du dispositif peuvent être optimisés.
- Pour une comparaison plus complète des situations de navigation dans la vie réelle, les études futures peuvent également inclure une condition de contrôle dans laquelle aucun appareil n'est utilisé pendant la conduite (par exemple, certains conducteurs vérifient les cartes avant et pendant les arrêts).
- Le contenu affiché était plutôt limité dans cette étude. Afin de mesurer l'impact des dispositifs d'infotainment à venir il est très souhaitable de réaliser une étude avec des prototypes de dispositifs permettant non seulement la navigation mais aussi le téléphone, la musique (et la gestion des morceaux écoutés), voire les échanges sur les réseaux sociaux. Une étude récente réalisée par le TRL (UK) montre en effet des impacts extrêmement négatifs de ces fonctionnalités pour la voiture (Ramnath et al., 2020) et il est plus que probable que l'impact en moto sera plus négatif encore, et donc particulièrement problématique en terme d'accidentologie. Des études sont donc nécessaires pour éclairer les décideurs publics vers de futures réglementations, mais aussi sensibiliser les usagers et guider les concepteurs de systèmes.

4 Conclusions et recommandations

L'institut VIAS et l'UGE ont collaboré pour comparer l'impact sur la conduite de la prise d'information « tête basse » (smartphone fixé au guidon) et « tête haute » (affichage dans le casque). L'étude réalisée sur simulateur de conduite a montré l'intérêt de l'affichage « tête haute ».

Si les résultats de l'étude, qui utilisait le dispositif de la société EyeLights, sont positifs dans ce cas, la question posée reste la transposition des résultats acquis pour des dispositifs ayant fait des choix différents en terme de complexité des messages proposés.

Comme indiqué précédemment la question de la surcharge d'informations à traiter est particulièrement critique dans le cadre de la conduite moto. La demande du « marché » est peu encourageante, dans la mesure où les usagers sont demandeurs de plus de fonctionnalités (EyeLights nous a indiqué que, sur demande de ses clients, la prochaine version de son dispositif permettrait d'afficher une « copie » de l'écran du smartphone). On s'approchera dans ce cas des systèmes intégrés sur voiture avec un usage possible (et malheureusement probable) pour de la messagerie et des réseaux sociaux.

Parmi les questions que l'on se pose, on trouve :

- Qui sont les usagers qui recourent à des outils connectés (et quels types d'outils) lors de la conduite et qui sont ceux qui s'en abstiennent : y a-t-il différents profils d'utilisateurs ? (Efficacité perçue, sentiment d'invulnérabilité, non perception du danger, types et catégories de 2RM, ancienneté de permis, mobilité urbaine ou autres, etc...) ;
- Quels sont les motivations et les besoins exprimés pour recourir aux outils connectés en situation de conduite et quels sont les freins ?
- Quels sont les choix opérés par les différents profils de conducteurs (type d'information médiatisée et usages des fonctionnalités) et pourquoi ?
- Quelle est le traitement des informations selon les profils de conducteurs ?
- Comment cette information modifie le comportement (la prise de risque) du conducteur et la prise en compte des autres usagers ?

La population des motocyclistes va être confrontée à très court terme à une multiplication de l'offre *d'infotainment*, et représente donc une population pour laquelle il est **urgent d'étudier les fonctionnements cognitif, motivationnel et contextuel** lorsqu'elle est en interaction avec de tels systèmes afin de :

- comprendre les stratégies mises en place par les conducteurs pour gérer les différentes sources d'informations ;
- comprendre les limites que ces derniers s'imposent à eux-mêmes en fonction des situations et des profils individuels ;
- évaluer l'impact sur la prise de risque pour soi et pour les autres ;
- identifier des limites pour le nombre et la qualité des informations transmises (gestion concurrente des informations), avec des retombées en termes de recommandations pour la réglementation, pour les constructeurs, mais aussi pour la conception de messages de préventions.

Les auteurs du rapport préconisent donc la poursuite des activités de recherche dans ce domaine afin d'obtenir à terme,

- une méthodologie d'évaluation des systèmes pour 2RM embarqués dans le casque
- l'identification des éléments de normalisation pour les systèmes d'infotainment dédiés 2RM .

Pour ce faire, les éléments suivants sont nécessaires :

- des données explicatives relatives aux choix réalisés par les conducteurs en fonction de leur typologie (quels nouvelles fonctionnalités sélectionnées et utilisées, quels usages de ces fonctionnalités, quels niveaux de prise de risque individuel, quels niveaux de prise de risque imposé aux autres usagers), le niveau de prise de risque étant évalué de manière subjective par le conducteur (sentiment d'auto-efficacité, sentiment de contrôle, croyances de compétences etc...) mais aussi par des mesures objectives de types temps à la collision, temps à la sortie de voie... ;
- des données quantitatives (sur grand échantillon) sur les déterminants humains explicatifs de la propulsion à l'usage des outils connectés lors de la conduite ;
- une typologie des usagers les plus à risque en lien avec l'usage de la technologie numérique ;
- un classement des fonctionnalités étudiées selon les modalités d'interaction (visuelles / auditives, niveau de symbolisme dans le visuel) selon leur impact sur la conduite (incluant la gestion des autres).
- le développement d'interfaces adaptées 2RM pour systèmes d'infotainment « tête haute » à vocation des industriels du secteur (démonstrateurs).

5 Références

- Ablaßmeier, M., Poitschke, T., Wallhoff, F., Bengler, K., & Rigoll, G. (2007) Eye gaze studies comparing head-up and head-down displays in vehicles. Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 2007 IEEE International Conference, p. 2250-2252.
- Baldanzini, N. & Delhayé, A. (2015) Intelligent Transport System for PTWs User Survey – A user priority rating of ITS for motorcycling. Annex 3 of the EC/MOVE/C4 project RIDERSCAN. Available at: http://www.fema-online.eu/riderscan/IMG/pdf/annex_3.pdf [Accessed June 15th 2020].
- BikeHUD: <http://www.bike-hud.com> [Accessed Sept. 18th 2019].
- BikeHUD - Adventure to Include Transparent Display and Front/rear HD Cameras (2016). Available at: http://www.gizmag.com/bikehud-adventure-motorcycle-hudheads-up-display/34894/?li_source=LI&li_medium=default-widget [Accessed July 16th 2019], In: Häuslschmid, R., Fritzsche, B. & Butz, A. (2018) Can a Helmet-mounted Display Make Motorcycling Safer? Proceeding of the IUI 2018 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces, p. 467-476.
- Bougard, C., Davenne, D., Espié, S., Moussay, S. & Leger, D. (2015) Sleepiness, attention and risk of accidents in powered two-wheelers. Sleep Medicine Reviews, 25, p. 1-12.
- Cross Helmet: <https://www.crosshelmet.com/> [Accessed June 2020].
- De Gruyter, C., Truong, L.T., Nguyen, H.T.T. (2017) Who's calling? Social networks and mobile phone use among motorcyclists. Accident Analysis & Prevention, 103, p. 143-147.
- Delhayé, A., Marot, L. (2015) The European Motorcyclists Survey – A picture of Motorcycling in Europe. Annex 1 of the EC/MOVE/C4 project RIDERSCAN. Available at: http://www.fema-online.eu/riderscan/IMG/pdf/annex_1.pdf [Accessed June 15th 2020]
- Doshi, A., Shinko Yuanhsien, C., & Trivedi, M.M. (2009) A Novel Active Heads-Up Display for Driver Assistance. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics, 39, 1, p. 85-93.
- European Road Safety Observatory – ERSO (2017) Traffic Safety Basic Facts 2016. Available at: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/bfs2016_motomoped.pdf [Accessed Sept. 16th 2019].
- EyeLights: <https://eye-lights.com> [Accessed Sept. 18th 2019].
- FEMA (2015) Motorcycle Safety and Accidents in Europe. A summary report. Available at : http://www.fema-online.eu/website/wp-content/uploads/motorcycle_safety_and_accidents_europe_hdb_050816.pdf [Accessed Sept. 17th 2019].
- Gish, K.W. & Staplin, L. (1995) Human Factors Aspects of Using Head Up Displays in Automobiles: A Review of the Literature, DOT HS 808 320, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. Available at : http://www.mvs.net/pdf/Human_Factors_of_HUDs.pdf [Accessed Sept. 17th 2019].
- Hart, S. & Staveland, L. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: Hancock, P. & Meshkati, N., Eds., Human Mental Workload, North Holland, Amsterdam, p. 139-183.
- Häuslschmid, R., Fritzsche, B. & Butz, A. (2018) Can a Helmet-mounted Display Make Motorcycling Safer? Proceeding of the IUI 2018 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces, p. 467-476.
- Horrey, W.J., Wickens, C.D. & Alexander, A.L. (2003) The Effects of Head-Up Display Clutter and In-Vehicle Display Separation on Concurrent Driving Performance, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, p. 1880.
- Ito, K., Nishimura, H. & Ogi, T. (2018) Motorcycle HUD Design of Presenting Information for Navigation System. Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), p. 1-3.

Jarvish: <https://www.jarvish.com/> [Accessed June 2020].

Kennedy, R., Lane, N., Berbaum, K. & Lilienthal, M. (1993) Simulator sickness questionnaire: An enhanced method of quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3, p. 203-220.

Liu, Y.C. & Wen, M.H. (2004) Comparison of head-up display (HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61, p. 679-697.

LiveMap: Motorbike Helmet with Navigation Unique Hi-tech Motorbike Helmet with Built-in Navigation System and Voice Controlled Interface. <https://livemap.info> (2016) [last accessed on 2016-07-16] ; In: Häuslschmid, R., Fritzsche, B. & Butz, A. (2018) Can a Helmet-mounted Display Make Motorcycling Safer? *Proceeding of the UII 2018 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces*, p. 467-476.

LiveMap: <https://livemap.info/> [Accessed Sept. 18th 2019].

Lobjois, R., Dagonneau, V. & Isableu, B. (2016) The contribution of visual and proprioceptive information to the perception of leaning in a dynamic motorcycle simulator. *Ergonomics*, 59 (11), p. 1428-1441.

Lobjois, R., Siegler, I.A. & Mars, F. (2016) Effects of visual roll on steering control and gaze behavior in a motorcycle simulator. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 38, p. 55-66.

Mahajan, S.M., Khedkar, S.B. & Kasav, S.M. (2015) Head up Display Techniques in Cars. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 4 (2).

Martensen, H. (2014) @RISK : Analyse du risque de blessures graves ou mortelles dans la circulation, en fonction de l'âge et du mode de déplacement. Bruxelles, Belgique: institut Vias – Centre de connaissance Sécurité routière. Available at : <https://www.vias.be/publications/@%20Risk/@%20Risk.%20Analyse%20du%20risque%20de%20blessures%20graves%20ou%20mortelles%20dans%20la%20circulation,%20en%20fonction%20de%20l%27%C3%A2ge%20et%20du%20mode%20de%20d%C3%A9placement.pdf> [Accessed Sept. 16th 2019].

Martensen, H. & Roynard, M. (2013). MOTAC – Motorcycle accident causation. Analyse approfondie des accidents graves et mortels impliquant des motocyclistes. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière. Available at : [https://www.vias.be/publications/MOTAC%20%E2%80%93%20Motorcycle%20accident%20causation%20\(2\)/MOTAC%20%E2%80%93%20Motorcycle%20accident%20causation%20-%20Analyse%20approfondie%20des%20accidents%20graves%20et%20mortels%20impliquant%20des%20motocyclistes.pdf](https://www.vias.be/publications/MOTAC%20%E2%80%93%20Motorcycle%20accident%20causation%20(2)/MOTAC%20%E2%80%93%20Motorcycle%20accident%20causation%20-%20Analyse%20approfondie%20des%20accidents%20graves%20et%20mortels%20impliquant%20des%20motocyclistes.pdf) [Accessed Sept. 16th 2019].

Mendes, D. (2015) Motorcycle HUD for navigation, communication and performance monitoring. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Available at: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/83499/2/35502.pdf> [Accessed Sept. 17th 2019].

Papantoniou, P., Papadimitriou, E. & Yannis, G. (2015) Assessment of driving simulator studies on driver distraction. *Advances in Transportation Studies*, April 2015, 35, p. 129-144.

Park, J. & Park, J. (2019) Functional requirements of automotive head-up displays: A systematic review of literature from 1994 to present. *Applied Ergonomics*, 76, p. 130-146.

Pauzié, A. (2015) Head Up Display in Automotive: A New Reality for the Driver. , Book & eBook "Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design", Springer (ed.), 2015.

Ramnath, R., Kinnear, N., Chowdhury, S. & Hyatt, T. (2020) Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance. A simulator study. TRL project report PPR948. Available at: <https://trl.co.uk/sites/default/files/PPR948%20IAM%20RoadSmart%20-%20infotainment%20sim%20study.pdf> [Accessed June 2020]

Skully AR-1: <https://www.skully.com/> [Accessed Sept. 18th 2019].

Strayer, D.L., Cooper, J.M., Goethe, R.M., McCarty, M.M., Getty, D. & Biondi, F. (2017) Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems. ©2017, AAA Foundation for Traffic Safety.

Tretten, P., Gärling, A., Nilsson, R., & Larsson, T.C. (2011) An On-Road Study of Head-Up Display: Preferred Location and Acceptance Levels, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 55, p. 1914-1918.

Truong, L.T., De Gruyter, C., Nguyen, H.T.T. (2017) Calling, texting, and searching for information while riding a motorcycle: A study of university students in vietnam. Traffic Injury Prevention, 18(6), p.p. 593-598.

Truong, L.T., Hang, N., De Gruyter, C. (2018) Mobile phone use while riding a motorcycle and crashes among university students. Traffic Injury Prevention 20(2), DOI: 10.1080/15389588.2018.1546048.

Truong, L.T., Nguyen, H.T.T. & De Gruyter, C. (2019) Mobile phone use while riding a motorcycle and crashes among university students. Traffic Injury Prevention, 20:2, p. 204-210, DOI: 10.1080/15389588.2018.1546048.

van der Valk, K., Rijnaerts, W. (2005) Safety Aspects of Powered Two Wheelers Problems – Solutions – (English version)

Witmer, B.G. & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. Presence : Teleoperators and Virtual Environments, 7(3), p. 225-240.

6 Annexes

6.1 Questionnaire des essais sur route

[Surveys](#) | [Reports](#) | [Dashboards](#) | [Contacts](#) | [Data Models](#) | [Bookmarks](#) [Help](#)

New Question

Layout

Settings

Advanced Features

Email Alerts

Header & Footer

Messages

Scripts

Plugins

Randomize

Multilingual

Preview

Print

Launch

<< Previous Questions: 1-42 from 42 Next >>

- Search - Go

Edit

⊕ Name: eHelmet_evaluation essai route

Add Logo

Insert

Q 1

Preview

Question type: Section header (text only)

Qui êtes-vous? Comment pouvons-nous vous recontacter si nous avons besoin de clarifications?

Hide

Insert

☐ New page

Q 2

Preview

Question type: Single line text with pre-format options

Nom:

Answer options:

Hide

Insert

☐ New page

Q 3

Preview

Question type: Single line text with pre-format options

Prénom:

Answer options:

Hide

Insert

☐ New page

Q 4

Preview

Question type: Single line text with pre-format options

Adresse email (courriel):

Answer options:

Hide

Insert

☐ New page

Q 5

Preview

Question type: Single line text with pre-format options

Numéro de portable:

Answer options:

Hide

Insert

☒ New page

Q 6

Preview

Question type: Section header (text only)

Quel est votre profil d'utilisateur?

Hide

Insert

☐ New page

Q 7

Preview

Question type: Pick one or 'other'

Sexe

Answer options:
masculin
féminin

Hide

Insert

☐ New page

Q 8

Preview

Question type: Single line text with pre-format options

Must answer

Hide

Date de naissance

Answer options:
(jj/mm/aaaa)

☐ New page**Q** 9

Question type: Single line text with pre-format options

Quelle(s) catégorie(s) de permis avez-vous obtenu? indiquez l'année d'obtention de la catégorie de permis (ou équivalent si le permis a été obtenu avant 2014) si "Autres", précisez.

Answer options:
A1 (<125cc et < 11kW)
A2 (>125cc maximum 35kW)
A (toutes cylindrées)
B (voiture)
Autres

☐ New page**Q** 10

Question type: Single line text with pre-format options

Avec quel véhicule roulez-vous le plus souvent?

Answer options:
Marque
Modèle
Cylindrée (cc)
Puissance (kW)

☐ New page**Q** 11

Question type: Pick one or 'other'

Quel est votre kilométrage moyen sur ces 12 derniers mois?

Answer options:
moins de 2500 km
entre 2500 et 5000 km
entre 5000 et 10000 km
Plus de 5000 km

☐ New page**Q** 12

Question type: Dropdown box --- for longer lists - select one

A quelle fréquence roulez-vous en deux-roues motorisés?

Answer options:
moins d'une fois par semaine
une fois par semaine
deux à trois fois par semaine
plus de trois fois par semaine

☐ New page**Q** 13

Question type: Pick one or 'other'

Disposez-vous d'un système GPS dit "tête basse" (guidon/réservoir) ou avez-vous de l'expérience de conduite avec un tel système (en moto)

Answer options:
oui
non

☐ New page**Q** 14

Question type: Pick one or 'other'

Disposez-vous d'un « œil directeur droit » ? Pour connaître votre œil directeur, vous pouvez faire le test suivant (très simple à réaliser) : prenez une feuille et trouez là (diamètre environ 2 cm) tendez la feuille à bout de bras fixez un objet, à travers le trou fermez l'œil droit puis l'œil gauche votre œil directeur est celui qui voit l'objet lorsque l'autre est fermé

Answer options:
Oui
Non

 ☐ Hide ☐ Hide ☐ Hide ☐ Hide ☐ Hide ☐ Hide

Q 15 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Votre vue est-elle corrigée?

Answer options:

- Oui
- Non

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 16 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Portez-vous des lentilles?

Answer options:

- Oui
- Non

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 17 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Choisissez la phrase ci-dessous qui correspond le mieux à ce que vous pensez des développements technologiques.

Answer options:

- Les accidents augmentent car les conducteurs sont de plus en plus distraits par les technologies
- Nous n'avons pas le choix: la technologie est là et nous devons nous adapter.
- Les technologies sont une opportunité de rendre la route plus sûre, plus écologique et plus fluide (moins d'embouteillage)

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 18 Preview

Question type: Section header (text only)

Quelles étaient les conditions entourant votre essai sur route?

Insert

☒ New page

Edit Logic Add Image Copy

☐ Hide

Q 19 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Avez-vous pu installer le système Eye-Lights correctement dans votre casque?

Answer options:

- Oui
- Non

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 20 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Merci de décrire les problèmes rencontrés et les éventuelles solutions apportées.

Question contains: 1 Show/Hide expression [Show](#)

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 21 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Combien de temps cumulé (approximativement) avez-vous utilisé le système (HH)?

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 22 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Combien de kilomètres cumulés (aproximativement) avez-vous utilisé le système (km)?

Insert

☐ New page

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ▾ ☐ Hide

Q 23 Preview

Question type: Check all that apply

Insert

☐ New page

Dans quelles conditions avez-vous pu tester la technologie (cocher toutes les réponses qui s'appliquent)?

Answer options:

Routes sèches
Routes mouillées
Pluie
Neige
Traffic fluide
Traffic dense
Embouteillages (remontage de files)
Milieu urbain
Routes rurales
...
[Show All](#)

Insert

☐ New page

Q 24 [Preview](#)

Question type: Check all that apply

Quelles fonctionnalités du système avez-vous pu tester?

Answer options:

GPS
Informations vitesse
Communication téléphonique
Ecoute de musique
Intercom
Commandes vocales (morceaux suivants, appel téléphonique, etc...)

Insert

☐ New page

Q 25 [Preview](#)

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Avez-vous des remarques complémentaires concernant les conditions de votre essai, pertinentes à l'heure d'interpréter votre avis "sécurité" de la technologie?

Insert

☒ New page

Q 26 [Preview](#)

Question type: Section header (text only)

Maintenant que vous avez pu tester la technologie "affichage tête haute"...

Insert

☐ New page

Q 27 [Preview](#)

Question type: Pick one or 'other'

Quel est votre sentiment général sur cette nouvelle technologie "Affichage Tête Haute"?

Answer options:

A oublier!
Sans avis pour l'instant
Un must pour tout motard (dans le futur)

Insert

☐ New page

Q 28 [Preview](#)

Question type: Pick one or 'other'

Selon vous, à court-moyen terme, la technologie "Affichage Tête Haute" est une solution qui rendra la conduite moto...

Answer options:

plus sûre
moins sûre
sans avis

Insert

☐ New page

Q 29 [Preview](#)

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Quels sont les aspects qui vous ont le plus marqués (en comparaison avec votre conduite normale, sans cette technologie)?

Insert

☒ New page

Q 30 [Preview](#)

Question type: Section header (text only)

Edit Logic Add Image Copy
Allow to skip ▾ ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy
Allow to skip ▾ ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy
Allow to skip ▾ ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy
☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy
Allow to skip ▾ ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy
Allow to skip ▾ ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy
Allow to skip ▾ ☐ Hide

Plus précisément maintenant, en ce qui concerne les aspects "sécurité"...

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide

Insert ☐ New page

Q 31 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Avez-vous perçu un impact de la technologie sur votre conduite habituelle (nécessite une adaptation de vos comportements de conduite)?

Answer options:

Oui
Non
Sans avis

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Insert ☐ New page

Q 32 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Dans l'ensemble, avez-vous trouvé que l'"affichage tête haute" vous distrairait de vos activités habituelles de conduite (scanning du trafic, analyse des risques potentiels, contrôle de la vitesse de la moto, contrôle des actions des autres utilisateurs, etc...)?

Answer options:

oui
non
parfois

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Insert ☐ New page

Q 33 Preview

Question type: Rate different items along the scale of your choice

Par rapport à vos activités de conduite normales (contrôle de la moto, intégration dans le trafic, contrôle des risques, etc...), pouvez-vous évaluer plus précisément le caractère disruptif des aspects suivants ?

Scale: 0 - Non disruptif - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - Extrêmement disruptif - Ne s'applique pas

Answer options:

Le boîtier de projection (fixé en haut à droite du casque)
Le contenu visuel projeté (direction, vitesse, ...)
La manipulation du boîtier de commande (fixé côté gauche du casque)
Les commandes vocales
L'audio (directions GPS)
L'audio (musique)
L'audio (Intercom)
L'audio (communication téléphonique)

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Insert ☐ New page

Q 34 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Souhaitez-vous préciser votre évaluation?

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Insert ☐ New page

Q 35 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Avez-vous pu aisément intégrer les informations projetées dans votre champ de vision?

Answer options:

oui, relativement vite
non, cela m'a pris un certain temps
non, cela me pose encore des problèmes

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Insert ☐ New page

Q 36 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Souhaitez-vous préciser votre évaluation?

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Insert ☐ New page

Q 37 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Edit Logic Add Image Copy ☐ Hide
Allow to skip ▼

Par rapport aux solutions GPS fixées à hauteur de guidon/réservoir, pensez-vous que la solution "affichage tête haute" est...

Answer options:

- plus disruptive
- aussi disruptive
- moins disruptive

Question contains: 1 Show/Hide expression [Show](#)

Insert

☐ New page

Q 38 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Merci de préciser votre évaluation:

Question contains: 1 Show/Hide expression [Show](#)

Insert

☐ New page

Q 39 Preview

Question type: Multi-line text response --- often used for comments

Autres remarques utiles (vous pouvez ajouter ici vos commentaires liés aux produits si vous le jugez pertinent)?

Insert

☒ New page

Q 40 Preview

Question type: Section header (text only)

Merci pour vos réponses ! Comme expliqué, au début de ce sondage, vos données seront anonymisées et agrégées sans jamais être communiquées à des tiers. Elles sont protégées sur les serveurs de l'institut Vias qui les gardera pendant un an. Si vous souhaitez être recontacté pour participer à d'autres sondages/études liées aux déplacements et à la sécurité des usagers de deux-roues motorisés de l'Institut Vias (et ses partenaires), nous avons besoin de votre consentement explicite.

Insert

☐ New page

Q 41 Preview

Question type: Pick one or 'other'

J'autorise l'Institut Vias à réutiliser mes données personnelles dans le cadre de l'identification de testeurs et/ou répondants pour d'autres études en lien avec les déplacements et la sécurité du deux-roues motorisé pour autant que les conditions spécifiques de ces études me soient communiquées. Je garderai le choix de participer ou pas à aux études et sondages proposés.

Answer options:

- Oui
- Non

Insert

☐ New page

Q 42 Preview

Question type: Pick one or 'other'

Je souhaite recevoir les infos "deux roues motorisés" de Vias concernant les développements en mobilité et sécurité.

Answer options:

- oui, avec plaisir.
- non, merci.

Insert

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy

☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ☐ Hide

Edit Logic Add Image Copy

Allow to skip ☐ Hide

6.2 Notice d'information relative à la recherche

« Évaluation d'afficheurs pour messages d'alertes moto »

L'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR), en tant que promoteur de cette étude, vous propose de participer à une expérimentation consistant à conduire un simulateur de conduite moto. Le but de cette recherche est de comparer deux options d'affichage pour navigateur moto et d'évaluer s'ils sont appropriés à la conduite de ce type de véhicule.

Vous participerez à une séance d'expérimentation d'une durée de 1h30 environ. On vous demandera de conduire de façon naturelle, tout en respectant le code de la route.

A tout moment, vous aurez la possibilité de demander une pause et même d'interrompre définitivement votre participation si vous le souhaitez. Vous en informerez alors le responsable du projet de recherche.

Vous percevrez une indemnité forfaitaire de 75 Euros, en compensation des contraintes et frais générés par votre participation à cette recherche.

Vous pouvez poser toutes les questions que vous souhaitez ou demander autant d'explications que nécessaire, avant, pendant ou après l'expérience.

Les résultats individuels et les différentes données vous concernant seront strictement confidentiels. Conformément au Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 (RGPD) et à la loi n°78-17 du 6 Janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (article 39), vous disposez d'un droit d'accès, d'un droit de rectification aux données qui vous concernent et recueillies dans cette étude. Vous pourrez les exercer en vous adressant à Stéphane Espié (stephane.espie@ifsttar.fr , 01 69 15 63 66) ;

Conformément au RGPD, vous avez reçu les informations suivantes :

- l'Ifsttar, en tant que promoteur de la recherche, est le responsable du traitement (14-20 Boulevard Newton, Cité Descartes, Champs sur Marne, F-77447 Marne la Vallée Cedex 2 ; Tél. : 01 81 66 80 00) ;
- l'Ifsttar a nommé une déléguée à la protection des données (DPD) : dpo@ifsttar.fr ;
- les fondements juridiques du traitement des données sont l'exécution d'une mission de service public dont est investi le responsable de traitement (article 6.1.e du RGPD) et les intérêts légitimes poursuivis par le responsable de traitement (article 6.1.f du RGPD). En complément, des données de santé vous concernant pourront être traitées à des fins de recherche scientifiques ;
- les données à caractère personnel vous concernant et collectées dans le cadre de l'étude seront conservées en France et ne feront en aucun l'objet d'un transfert hors de l'Union européenne ;
- vous disposez d'un droit d'introduire une réclamation auprès la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) (sur le site internet de la CNIL ou par courrier postal en écrivant : CNIL - 3 Place de Fontenoy - TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07) ;
- qu'enfin les données vous concernant seront conservées jusqu'à la publication des résultats de la recherche ne comportera aucun résultat individuel identifiant. A l'issue de la durée de conservation, vos données à caractère personnel seront détruites dans leur totalité sauf en cas de réutilisation à des fins scientifiques.

Cette recherche ne présente ni risque, ni inconvénient particulier. Elle a reçu un avis favorable du Comité pour les Recherches sur les Personnes Humaines (CRPH) le 4 septembre 2019.

L'Ifsttar a souscrit auprès d'Axa France Iard une assurance de responsabilité civile couvrant les conséquences dommageables éventuelles que vous pourriez subir du fait de votre participation au projet de recherche.

Le responsable de la recherche : Stéphane Espié

IFSTTAR-Laboratoire SIMU&MOTO

6.3 Formulaire de consentement libre et éclairé

De M., Mme :(Nom, Prénom) Adresse :
.....

..... Contact
: (n° de téléphone et/ou mél)

L'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar) m'a invité-e à participer à une recherche concernant l'évaluation d'afficheurs pour navigateurs moto.

Ma participation à cette recherche consiste à conduire un simulateur de conduite moto. Son but est de comparer deux options d'affichage pour navigateurs moto et d'évaluer s'ils sont appropriés à la conduite de ce type de véhicule

J'ai reçu et compris toutes les informations qui m'ont été fournies oralement ainsi que celles contenues dans la notice d'information qui m'a été remise. L'expérience sera réalisée à l'aide d'un simulateur moto présentant des routes avec trafic à double sens. La nature de l'étude, son déroulement et ses contraintes m'ont été expliqués par le responsable du projet de recherche.

J'accepte de participer à cette recherche dans les conditions indiquées.

Je percevrai une indemnité forfaitaire de 75 euros, en compensation des contraintes et frais générés par ma participation à cette recherche.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités.

Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Si je le souhaite, je suis libre à tout moment d'arrêter ma participation et j'en informerais alors le responsable de l'étude.

Les données me concernant resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leur consultation et leur traitement informatique que par des personnes qui collaborent à la recherche, désignées par le directeur de la recherche. J'ai bien noté que le droit d'accès prévu par la loi « Informatique et Libertés » du 6 janvier 1978, relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (article 40), modifiée par la loi n° 2004- 801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel (article 39), est applicable à tout moment. Conformément au RGPD, j'ai été informé-e :

- que l'Ifsttar, en tant que promoteur de la recherche, est le responsable du traitement (14-20 Boulevard Newton, Cité Descartes, Champs sur Marne, F-77447 Marne la Vallée Cedex 2 ; Tél. : 01 81 66 80 00) ;
- que l'Ifsttar a nommé une déléguée à la protection des données (DPD) : dpo@ifsttar.fr ;
- que les fondements juridiques du traitement des données sont l'exécution d'une mission de service public dont est investi le responsable de traitement (article 6.1.e du RGPD) et les intérêts légitimes poursuivis par le responsable de traitement (article 6.1.f du RGPD). En complément, des données de santé me concernant pourront être traitées à des fins de recherche scientifiques ;
- que les données à caractère personnel me concernant et collectées dans le cadre de l'étude seront conservées en France et ne feront en aucun l'objet d'un transfert hors de l'Union européenne ;
- que je dispose d'un droit d'introduire une réclamation auprès la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) (sur le site internet de la CNIL ou par courrier postal en écrivant : CNIL - 3 Place de Fontenoy - TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07) ;
- qu'enfin les données me concernant seront conservées jusqu'à la publication des résultats de la recherche ne comportera aucun résultat individuel identifiant. A l'issue de la durée de conservation, mes données à caractère personnel seront détruites dans leur totalité sauf en cas de réutilisation à des fins scientifiques.

Cette recherche a reçu un avis favorable du Comité pour les Recherches sur les Personnes Humaines (CRPH) le 4 septembre 2019.

Signature du participant (précédée de la date manuscrite)

6.4 Préfiguration des informations données pour le recrutement

L'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) conduit une recherche concernant l'impact de modes d'affichage pour navigateur moto. Cette recherche est une des activités menées dans le cadre d'une collaboration de recherche avec l'Institut VIAS (Belgique).

Objectif

L'objectif de la recherche est de comparer des modes d'affichage pour navigateur moto sur simulateur de conduite. Des données seront collectées et analysées.

Déroulement de la recherche

Vous participerez à une séance d'expérimentation d'une durée de 1h30 environ. On vous demandera de conduire sur simulateur moto de façon naturelle, tout en respectant le code de la route.

A tout moment, vous aurez la possibilité de demander une pause et même d'interrompre définitivement votre participation si vous le souhaitez. Vous en informerez alors le responsable du projet de recherche.

Vous percevrez une indemnité forfaitaire de 75 Euros, en compensation des contraintes et frais générés par votre participation à cette recherche.

Pré-requis

- être âgé de 25 à 50 ans,
- une expérience de la conduite (> 5 ans), et une conduite habituelle (> 3 000 km/an les dernières années),
- une vision bonne ou corrigée avec des lentilles (pas de lunettes).
- avoir un œil directeur « droit »⁹

Contact

S. Espié, Directeur de recherche, Responsable de l'étude

9 Pour connaître votre œil directeur, vous pouvez faire le test suivant (très simple à réaliser) :

- 1) prenez une feuille et trouez là (diamètre environ 2 cm)
- 2) tendez la feuille à bout de bras
- 3) fixez un objet, à travers le trou
- 4) fermez l'œil droit puis l'œil gauche
- 5) votre œil directeur est celui qui voit l'objet lorsque l'autre est fermé

Pour en savoir plus vous pouvez aller sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92il_directeur

6.5 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal, 1993)

	RAS	Léger	Modéré	Sévère
Malaise général				
Fatigue				
Mal de tête				
Fatigue oculaire				
Difficulté d'accommodation				
Hyper salivation				
Sueur				
Nausée / vomissement				
Difficulté de concentration				
« Tête lourde »				
Vision floue				
Etourdissement Yeux Ouverts				
Etourdissement Yeux Fermés				
Vertige				
Réveil de la zone gastrique				
Eructation				

6.6 Presence questionnaire (Witmer & Singer, 1998, révisé par le Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, 2002)

Questionnaire pour l'évaluation du sentiment de présence :

No dossier _____

Date _____



QUESTIONNAIRE SUR L'ÉTAT DE PRÉSENCE*

Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO (2002)

Décrivez votre expérience dans l'environnement en marquant d'un "X" la case appropriée de l'échelle en 7 points, et ce en accord avec le contenu de la question et les étiquettes descriptives. Veuillez prendre en compte l'échelle en entier lorsque vous inscrivez vos réponses, surtout lorsque des niveaux intermédiaires sont en jeu. Répondez aux questions indépendamment les uns des autres et dans l'ordre dans lequel ils apparaissent. Ne sautez pas de questions et ne retournez pas à une question précédente afin de modifier votre réponse.

EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LEQUEL VOUS ÉTIEZ

1. Dans quelle mesure étiez-vous capable de contrôler les événements?

PAS DU TOUT			ASSEZ			COMPLÈTEMENT

2. Dans quelle mesure l'environnement était-il réactif (sensible) aux actions que vous y faisiez?

PAS			MODÉRÉMENT			COMPLÈTEMENT
RÉACTIF			RÉACTIF			RÉACTIF

3. Dans quelle mesure vos interactions avec l'environnement vous semblaient-elles naturelles?

EXTRÊMEMENT			A MI-CHEMIN			COMPLÈTEMENT
ARTIFICIELLES						NATURELLES

4. Dans quelle mesure les aspects visuels de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer?

PAS DU TOUT			ASSEZ			COMPLÈTEMENT

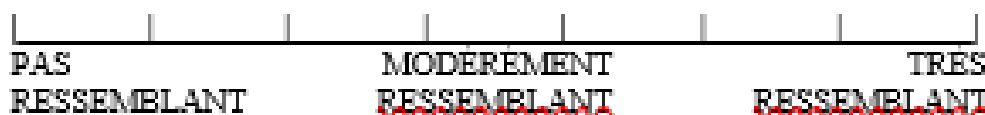
5. Dans quelle mesure les mécanismes permettant votre mouvement dans l'environnement vous semblaient-ils naturels?



6. Dans quelle mesure vos sens étaient-ils trompés par le réalisme du mouvement des objets à travers l'espace?



7. Dans quelle mesure les expériences que vous avez vécues dans l'environnement virtuel ressemblaient-elles à celles de l'environnement réel ?



8. Étiez-vous capable d'anticiper les conséquences des mouvements que vous faisiez?



9. Jusqu'à quel point étiez-vous en mesure d'explorer activement l'environnement de façon visuelle?



10. Jusqu'à quel point la sensation de déplacement à l'intérieur de l'environnement virtuel était-elle confondante (réaliste)?



11. À quelle distance ~~pouviez-vous examiner~~ les objets?

PAS PROCHE			PLUTOT			TRES
DU TOUT			PROCHE			PROCHE

12. Jusqu'à quel point ~~pouviez-vous examiner~~ les objets sous différents angles?

PAS DU TOUT			ASSEZ		COMPLETEMENT

13. Jusqu'à quel point étiez-vous impliqué(e) dans l'expérience vécue dans l'environnement virtuel?

PAS DU TOUT			MOYENNEMENT		COMPLETEMENT
ENGAGÉ(E)			ENGAGÉ(E)		ABSORBÉ(E)

14. Jusqu'à quel point avez-vous ressenti un délai séparant vos actions de leurs conséquences?

AUCUN			DELA		LONG
DELA			MODERE		DELA

15. À quel rythme vous êtes-vous adapté(e) à l'expérience vécue dans l'environnement virtuel?

PAS ADAPTE(E)			LENTEMENT		EN MOINS
DU TOUT					D'UNE MINUTE

16. En termes d'interactions et de déplacements dans l'environnement virtuel, jusqu'à quel point vous sentiez-vous compétent(e) à la fin de l'expérience?

PAS			RAISONNABLEMENT		TRES
COMPÉTENT(E)			COMPÉTENT(E)		COMPÉTENT(E)

17. Jusqu'à quel point la qualité visuelle de l'appareillage graphique vous a-t-elle incommodé(e) dans l'exécution des tâches requises?

PAS DU TOUT	ASSEZ				TÂCHES	
	INCOMMODÉ(E)				COMPLÈTEMENT	
					EMPÊCHÉES	

18. Dans quelle mesure les mécanismes de contrôle de votre mouvement ont-ils interféré avec l'exécution des tâches requises?

PAS DU TOUT	ASSEZ				GRANDEMENT	
	INTERFÉRÉ				<u>INTERFÉRÉ</u>	

19. Jusqu'à quel point êtes-vous parvenu(e) à vous concentrer sur les tâches requises plutôt que sur les mécanismes utilisés pour effectuer lesdites tâches?

PAS DU TOUT	ASSEZ				COMPLÈTEMENT	

RÉPONDEZ SI L'ENVIRONNEMENT VIRTUEL COMPRENAIT DES SONS :

20. Dans quelle mesure les aspects auditifs de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer?

PAS DU TOUT	ASSEZ				COMPLÈTEMENT	

21. Dans quelle mesure arriviez-vous à identifier correctement les sons produits dans l'environnement?

PAS DU TOUT	ASSEZ				COMPLÈTEMENT	

22. Dans quelle mesure arriviez-vous à localiser correctement les sons produits dans l'environnement?

PAS DU TOUT	ASSEZ				COMPLÈTEMENT	

RÉPONDEZ SI L'ENVIRONNEMENT VIRTUEL COMPRENAIT DES ASPECTS
HAPTIQUE (TOUCHER) :

23. Dans quelle mesure ~~pouviez-vous~~ explorer activement et de façon tactile (par le toucher) l'environnement?

PAS DU TOUT ASSEZ COMPLETEMENT

24. Jusqu'à quel point ~~pourriez-vous~~ déplacer ou manipuler les objets dans l'environnement virtuel?

PAS DU TOUT ASSEZ COMPLEMENT

Dernière version: Mars 2013

*Version originale : Wimmer, B.G. & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240. Structure factorielle révisée: Wimmer, B.J., Leone, C.J., & Singer, M.J. (2005). The factor structure of the Presence Questionnaire. *Presence*, 14(3) 298-312.

Questionnaire sur l'État de Présence (QÉP)

Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO

Validation :

- ☑ 101 participants ont rempli le questionnaire suite une immersion virtuelle;
- ☑ Les analyses factorielles ont été effectuées en composantes principales et avec des rotations varimax;
- ☑ Des corrélations inter-items ont été effectuées;
- ☑ Alpha de Cronbach = .84
- ☑ Maintenant 19 items (pour les EV sans sons/toucher) et 24 items (pour les EV avec sons/toucher)

Cotation :

Total : Items 1 à 19, sur une échelle de 1 à 7.

- Sous-échelle « Réalisme » : Items 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 13
- Sous-échelle « Possibilité d'agir » : Items 1 + 2 + 8 + 9
- Sous-échelle « Qualité de l'interface » : Items (tous inversés) 14 + 17 + 18
- Sous-échelle « Possibilité d'examiner » : Items 11 + 12 + 19
- Sous-échelle « Auto-évaluation de la performance » : Items 15 + 16
- Sous-échelle « Auditif* » : Items 20 + 21 + 22
- Sous-échelle « Haptique* » : Items 23 + 24

* NOTE : Les sous-échelles « *haptique* » et « *auditif* » ne font pas partie de l'analyse factorielle. Les items peuvent être compilés si l'environnement virtuel contient des sons ou la possibilité de voir son corps ou de toucher des objets. Par contre, les items de la sous-échelle « *résolution* » de Witmer & Singer font maintenant partie de nos analyses.

Normes :

	Moyenne	Ecart type
Total	104.39	18.99
Sous-échelle « Réalisme »	29.45	12.04
Sous-échelle « Possibilité d'agir »	20.76	6.01
Sous-échelle « Qualité de l'interface »	15.37	5.15
Sous-échelle « Possibilité d'examiner »	15.38	4.90
Sous-échelle « Auto-évaluation de la performance »	11.00	2.87

Dernière version: Mars 2013

Version originale : Witmer, B.G. & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240. Structure factorielle révisée: Witmer, B.J., ~~Imove~~ C.J., & Singer, M.J. (2005). The factor structure of the *Presence* Questionnaire. *Presence*, 14(3) 298-312.

6.7 NASA Task Load Index (Hart & Straveland, 1988)

Questionnaire pour la mesure de la charge mentale :

LEPSIS

Participant n°	Tâche	Date

NASA Task Load Index

Pour chaque question, mettre une croix (X) dans la case qui correspond à ce que vous ressentez

Pression mentale

La tâche a-t-elle exigé beaucoup d'activité mentale ?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Peu

Beaucoup

Pression physique

La tâche a-t-elle exigé beaucoup d'activité physique ?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Peu

Beaucoup

Pression temporelle

Est-ce que tu t'es senti pressé par le temps ?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Peu

Beaucoup

Performance

Comment estimes-tu ta performance pour cette tâche ?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Très mauvaise

Très bonne

Effort

Penses-tu que cette tâche était difficile à accomplir (mentalement ou physiquement) ?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Peu

Beaucoup

Frustration

T'es-tu senti frustré, découragé, irrité, stressé pendant la tâche ?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Peu

Beaucoup

6.8 Evaluation subjective de la conduite

Comment avez-vous ressenti le fait de rouler avec cet affichage (navigation)?

Insérez une croix (x) de 1 (favorable) à 10 (défavorable) :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
pas dangereux	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	dangereux
pas difficile	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	difficile
confortable	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	pas confortable
pas disruptif pour la conduite (manipulation de la moto)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	disruptif pour la conduite (manipulation de la moto)
pas distrayant pour la conduite (concentration)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	distrayant pour la conduite (concentration)
soutien pour la conduite	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	pas de soutien pour la conduite
pas obstructif (visuellement)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	obstructif (visuellement)
facile à regarder	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	pas facile à regarder
transition « route ◀ ▶ guidage » aisé	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	transition « route ◀ ▶ guidage » pas aisé
Navigation facile à suivre	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Navigation pas facile à suivre

|

6.9 Questionnaire opinions après participation

Participant code (numéro) _____

Tâche (HDD / HUD) _____

Date _____

- 1) Évaluez votre expérience de conduite en moto avec un GPS dit "tête basse" (fixé sur guidon/réservoir)?
 - ☐ Aucune
 - ☐ Un peu
 - ☐ Beaucoup
- 2) Quelle phrase définit selon vous le mieux les développements technologiques dans le secteur de la moto (par exemple, régulateur de vitesse, airbag de moto, communication de véhicule à véhicule, freinage avancé, surveillance de la vitesse, etc.)? Choisissez une seule des options suivantes:
 - ☐ Les accidents augmentent car les conducteurs sont de plus en plus distraits par les technologies.
 - ☐ Nous n'avons pas le choix: la technologie est là et nous devons nous adapter.
 - ☐ Les technologies sont une opportunité de rendre la route plus sûre, plus écologique et plus fluide (moins d'embouteillage). C'est la solution à une demande de trafic en croissance constante.
- 3) Selon vous, l'affichage « tête haute » que vous venez d'utiliser est une solution qui rendra la conduite moto ...
 - ☐ plus sûre
 - ☐ moins sûre
 - ☐ sans avis
- 4) Selon vous, la technologie « affichage tête haute » (en général) pourrait être une solution qui rendra la conduite moto ...
 - ☐ plus sûre
 - ☐ moins sûre
 - ☐ sans avis
- 5) Avez-vous des remarques concernant l'expérience et/ou votre participation ?

6.10 Questionnaire de recrutement de testeurs sur ligne



Recrutement de testeurs

Etude "Évaluation affichage tête haute pour casques" (projet IFSTTAR/VIAS)

Dans le cadre d'une étude concernant l'impact de modes d'affichage pour navigateur moto, l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) et l'Institut Vias (Institut belge de mobilité et de sécurité routière) sont à la recherche de conducteurs de deux-roues motorisés, hommes et femmes, habitant la région parisienne, âgés entre 25 et 50 ans ayant une expérience de conduite de 5 ans ou plus avec une conduite habituelle de plus de 3000km/an au cours des deux dernières années, ayant une vision bonne (pas de correction) ou corrigée avec des lentilles (pas de lunettes) et avoir un œil directeur « droit »^[1]

L'expérience aura lieu sur le [simulateur de conduite](#) de l'IFSTTAR, localisé à Ifsttar/Satie, bâtiment Digiteo 660, rue Noetzelin, 91190 GIF sur Yvette du 18 au 29 novembre 2019 entre 9h et 18h (sous réserve de confirmation).

La durée estimée de celle-ci est de 2 heures. Une participation de 75eur aux frais est prévue en compensation des contraintes et frais générés par la participation du testeur à cette recherche (paiement par compte bancaire).

Les données collectées dans le cadre de cette recherche sont anonymes et utilisées exclusivement à des fins de recherche scientifique. Elles ne sont jamais transmises à des tiers. Cette étude a été approuvée par le CRPH, comité pour les recherches impliquant la personne humaine, de l'Ifsttar.

Si vous souhaitez participer, remplissez le questionnaire ci-dessous et cliquer sur 'submit'.

^[1] Pour connaître votre œil directeur, vous pouvez faire le test suivant (très simple à réaliser) :

1. prenez une feuille et trouez là (diamètre environ 2 cm)
2. tendez la feuille à bout de bras
3. fixez un objet, à travers le trou
4. fermez l'œil droit puis l'œil gauche
5. votre œil directeur est celui qui voit l'objet lorsque l'autre est fermé

Pour en savoir plus vous pouvez aller sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92il_directeur

Date de naissance : (jj/mm/aaaa)

Sexe :

- ☐ féminin
- ☐ masculin

Quelle(s) catégorie(s) de permis avez-vous obtenu? Indiquez l'année d'obtention de la catégorie de permis (ou équivalent si le permis a été obtenu avant 2014) ; si "Autres", précisez.

- ☐ A1 (<125cc et < 11kW) _____
- ☐ A2 (>125cc maximum 35kW) _____
- ☐ A (toutes cylindrées) _____
- ☐ B (voiture) _____
- ☐ Autres _____

Avec quel véhicule roulez-vous le plus souvent?

- Marque _____
- Modèle _____
- Cylindrée (cc) _____
- Puissance (kW) _____

Quel est votre kilométrage annuel moyen (km/an)?

- 2019 _____
- 2018 _____
- 2017 _____

A quelle fréquence roulez-vous en deux-roues motorisés? (Please select one)

- ☐ moins d'une fois par semaine
- ☐ une fois par semaine
- ☐ deux à trois fois par semaine
- ☐ plus de trois fois par semaine

Votre vue est-elle corrigée?

- ☐ Oui

- Non

Portez-vous des lentilles?

- Oui
- Non

Confirmez-vous disposer d'un « œil directeur droit » ?

- Oui
- Non

Pour connaître votre œil directeur, vous pouvez faire le test suivant (très simple à réaliser) :

- 1) prenez une feuille et trouez là (diamètre environ 2 cm)
- 2) tendez la feuille à bout de bras
- 3) fixez un objet, à travers le trou
- 4) fermez l'œil droit puis l'œil gauche
- 5) votre œil directeur est celui qui voit l'objet lorsque l'autre est fermé

Pour en savoir plus vous pouvez aller sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92il_directeur

Sélectionnez vos disponibilités pour le test :

- Localisation du test: Ifsttar/Satie, bâtiment Digiteo 660, rue Noetzlin, 91190 GIF sur Yvette.
- Remarque: nous reprendrons contact avec vous pour valider la période précise de votre passage dès que les dates de l'expérimentation seront confirmées

SEMAINE 1

- lundi 18/11 - entre 9h et 12h
- lundi 18/11 - entre 12h et 15h
- lundi 18/11 - entre 15h et 18h
- mardi 19/11 - entre 9h et 12h
- mardi 19/11 - entre 12h et 15h
- mardi 19/11 - entre 15h et 18h
- mercredi 20/11 - entre 9h et 12h
- mercredi 20/11 - entre 12h et 15h
- mercredi 20/11 - entre 15h et 18h
- jeudi 21/11 - entre 9h et 12h
- jeudi 21/11 - entre 12h et 15h
- jeudi 21/11 - entre 15h et 18h
- vendredi 22/11 - entre 9h et 12h
- vendredi 22/11 - entre 12h et 15h
- vendredi 22/11 - entre 15h et 18h

SEMAINE 2

- lundi 25/11 - entre 9h et 12h
- lundi 25/11 - entre 12h et 15h
- lundi 25/11 - entre 15h et 18h
- mardi 26/11 - entre 9h et 12h
- mardi 26/11 - entre 12h et 15h
- mardi 26/11 - entre 15h et 18h
- mercredi 27/11 - entre 9h et 12h
- mercredi 27/11 - entre 12h et 15h
- mercredi 27/11 - entre 15h et 18h
- jeudi 28/11 - entre 9h et 12h
- jeudi 28/11 - entre 12h et 15h
- jeudi 28/11 - entre 15h et 18h
- vendredi 29/11 - entre 9h et 12h
- vendredi 29/11 - entre 12h et 15h

- vendredi 29/11 - entre 15h et 18h

Nom:

Prénom:

Adresse email (courriel):

Numéro de portable:

Autres remarques / commentaires utiles

