



HAL
open science

MS1.1 : Etat de l'art des caractéristiques physiologiques et extra-physiologiques et comportementaux des conducteurs type

Fouzia Boukour, Nacer Ghelboun, David Sodoyer, Stéphane Caro, Kamel Haddadi

► To cite this version:

Fouzia Boukour, Nacer Ghelboun, David Sodoyer, Stéphane Caro, Kamel Haddadi. MS1.1 : Etat de l'art des caractéristiques physiologiques et extra-physiologiques et comportementaux des conducteurs type. Université Gustave Eiffel. 2021. <hal-04618284>

HAL Id: hal-04618284

<https://hal.science/hal-04618284v1>

Submitted on 20 Jun 2024

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

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



HAL Authorization

MS1.1 - : ETAT DE L'ART DES CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES & EXTRA-PHYSIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTAUX DES CONDUCTEURS TYPE

Date de livraison contractuelle:	M6
Date de livraison:	M6

INFORMATION DOCUMENT

Version	V1	Niveau de dissemination	PU
Editeur	Fouzia Boukour (Université Gustave Eiffel)		
Auteurs	Fouzia Boukour, Nacer Ghelboun, David Sodoyer, Stéphane Caro, Kamel Haddadi.		

INFORMATION PROJET

Accord de subvention	2103116874
Dates	12 Juillet 2021

APPROBATION DOCUMENT

Name	Position	Organisation	Date	Visa
F.Boukour	Leader T1.1	Université Gustave Eiffel	20/04/2021	

VERSIONS

Version	Date	Modifications	Authors
1	15/03/2021	Initial	F.Boukour

DÉCLARATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ

Ce document contient des informations qui sont la propriété du Consortium LINKED. Ni ce document ni les informations qu'il contient ne doivent être utilisés, dupliqués ou communiqués par quelque moyen que ce soit à un tiers, en tout ou en partie, sauf avec le consentement écrit préalable du consortium

TABLE DES MATIERES

1	RÉSUMÉ.....	3
1.1	DESCRIPTION DU CONTENU DU DÉLIVERABLE.....	3
1.	INTRODUCTION	4
2.	SIGNAUX PHYSIOLOGIQUES	5
3.	CLASSIFICATIONS DU TYPE DE CONDUCTEURS.	7
4.	CLASSIFICATION DES SCENARIOS D’ETUDE.	7
5.	CONCLUSIONS	9
6.	RÉFÉRENCES :.....	10

1 RÉSUMÉ

1.1 Description du contenu du livrable

Partenaires : UGE, IEMN, Faculté de médecine H. Warembourg, SEGULA

Cette première sous-tâche permettra d'identifier les types de conducteurs test. En effet, chaque conducteur étant unique sur le plan physique, physiologique et comportemental, une base de données répertoriant les conducteurs doit être élaborée. C'est à partir de cette base de données que des individus test seront sélectionnés. Ce livrable vise à définir les diverses métriques et les signes physiologiques pour catégoriser de manière représentative les types de conducteurs, ainsi que les différents scénarios qui seront mis en œuvre sur le simulateur de conduite aux fins de tests

1. INTRODUCTION

La lutte contre les accidents de la route constitue un enjeu majeur de sécurité des populations. Hormis le risque lié à l'état de la route et à l'équipement des véhicules, la plupart des facteurs d'insécurité sont liés à l'état du conducteur : consommation d'alcool, conduite en état de fatigue, insomnie qui affectent un facteur fondamental contrôlant l'ensemble des fonctions nécessaires pour la conduite : la vigilance

La diminution progressive de la vigilance physique et mentale est liée souvent au niveau de la fatigue. Cet état conduit vers la somnolence et l'endormissement. Ainsi, plusieurs paramètres peuvent impacter la vigilance d'un conducteur tels que [1]:

- **Les cycles circadiens et homéostatiques** (cycles physiologiques régissant l'éveil et le sommeil). (cycles physiologiques régissant l'éveil et le sommeil). En effet, Il existe deux mécanismes qui gèrent la régulation du cycle veille-sommeil : Le processus homéostatique (S) est défini comme le processus de promotion du sommeil. Au cours du processus S les performances cognitives et l'alerte diminuent. Le processus circadien (C) correspond aux variations oscillatoires pendant 24h de la propension au sommeil. La propension au sommeil, basée sur le processus circadien, est à son niveau le plus bas durant les premières heures du soir et atteint son maximum au petit matin, quand la pression homéostatique est basse.
- **L'inertie du sommeil** : temps nécessaire à chaque individu pour récupérer l'intégralité de ses capacités cognitives au réveil. L'inertie du sommeil est une période, qui peut durer de quelques minutes à quelques heures, d'altération de la vigilance lors de la transition sommeil-éveil. Durant cette période, La personne semble éveillée, mais il y a une baisse de la dextérité motrice, un comportement qui peut être tout à fait inapproprié, des déficits de la mémoire, une désorientation dans le temps et l'espace.
- **L'horloge biologique** contrôle plusieurs fonctions et notamment le rythme du sommeil et de l'éveil sur 24 heures mais aussi les rythmes cardiaque et respiratoire, le rythme de la température interne et la sécrétion de nombreuses hormones qui sont « synchronisées » ou harmonisées par l'horloge.
- **La pression de sommeil** résulte de l'accumulation progressive tout au long de la journée de la fatigue, notamment celle liée à l'activité cérébrale ou mentale. La pression de sommeil augmente en même temps que la durée d'éveil et aboutit à une sensation de somnolence. Le cycle veille/ sommeil est la conséquence de l'équilibre dynamique entre ces deux mécanismes de régulation
- **Les micro-sommeils** appelée souvent sieste flash, la micro-sieste se caractérise par sa durée très courte, inférieure à 10 minutes.
- **Certains facteurs comportementaux** comme un changement d'horaire veille/sommeil, (que l'on peut retrouver par exemple chez les travailleurs postés), les troubles du sommeil (comme le syndrome d'apnée du sommeil), la prise de certains médicaments (tels que les hypnotiques ou les anxiolytiques)...
- Enfin, en plus de ces derniers facteurs propres à chaque conducteur, les problèmes d'inattention et de perte de vigilance peuvent être liés à d'autres facteurs et notamment à ceux de l' **environnement de conduite** : environnement monotone ou complexe et

surchargé d'information, moment de la journée, conditions atmosphériques (température de voiture), durée de conduite, familiarité d'une trajectoire...

Ces paramètres altérant la vigilance du conducteur sont en lien direct avec des signaux physiologiques telles que la fréquence de respiration, la fréquence cardiaque etc. Néanmoins chaque conducteur est unique sur le plan physique, physiologique et comportemental.

Afin d'élaborer une base de données permettant d'analyser objectivement ces différents états du conducteur en fonction de cers différents contextes, ce livrable vise à identifier les signes physiologiques permettant de définir des catégories de conducteurs ainsi que les scénarios associés à prendre en compte afin d'évaluation les différents capteurs de détection de signes vitaux qui seront proposés dans la tâche 1.2.

Dans ce livrable, la première partie définira les dives signes physiologiques liés à l'état d'un conducteur. La deuxième partie traitera de la catégorisation des conducteurs selon leur âge, leur état de santé et leur expérience de conduite. La dernière section abordera la définition des scénarios d'étude qui seront considérés dans la tâche 2.

2. SIGNAUX PHYSIOLOGIQUES

1.1. Fréquence Cardiaque

La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) appelée également variabilité cardiaque correspond à la variation de temps entre deux battements du cœur sur une période de temps donnée. La VFC apparaît comme un bon reflet de la capacité du cœur à moduler son rythme en fonction des sollicitations externes et internes. La VFC varie selon la respiration. L'inspiration inhibe temporairement l'influence du parasymphatique et produit une accélération du rythme cardiaque au contraire l'expiration qui stimule le système nerveux parasymphatique et induit un ralentissement du cœur. Ces oscillations rythmiques produites par la respiration sont appelées l'arythmie sinusale respiratoire (ASR) ou cohérence cardiaque qui correspond à l'état d'équilibre sympathovagal idéal [6]. L'âge, le sexe, la position, l'heure de la journée, l'activité physique, le stress et les traitements modifient aussi la VFC.

La fréquence cardiaque et la VRC (Variabilité cardiaque) varient selon l'état dans lequel le corps se trouve : le niveau d'exercice, selon la température interne et externe, l'âge et l'intégrité des voies nerveuses et de l'organe cible. Les bandes de fréquences utilisées dans l'analyse fréquentielle sont situées entre 0,00 et 0,5 Hertz (Hz) ou nombre de cycles par seconde. Les bandes de fréquence liées à l'activité cardiaque sont divisées en quatre sections distinctes :

- Les fréquences ultra basses (0,00 à 0,003 Hz) qui sont caractérisées par des rythmes très lents. Ces fréquences sont calculées à partir d'enregistrements de longue durée soit plus de 24 h.
- Les fréquences très basses fréquences (0,003 à 0,04 Hz) montrent les mécanismes de régulations à long terme tel que dans la thermorégulation, dans la vasomotricité liée au système rénine-angiotensine;
- Les basses fréquences (0,04 à 0,15 Hz) qui traduisent l'oscillation connue sous le nom d'onde de Mayer, avec un pic généralement observé vers 0,12 Hz chez l'homme et 0,4 chez le rat.
- Les hautes fréquences (0,15 à 0,40 Hz) dont l'oscillation est connue sous le nom de TraubeHering décrivent l'action du nerf vague sur le cœur.

1.2. Fréquence de respiration

La fonction respiratoire assurée par l'appareil respiratoire sert à approvisionner l'organisme en oxygène (O₂) pour assurer les besoins des organes. L'apport en oxygène est couplé avec l'élimination du gaz carbonique (CO₂) produit par les organes. La respiration associe deux fonctions : l'inspiration des gaz O₂ et expiration de CO₂ entre l'air et le sang, au niveau des alvéoles pulmonaires. Cet échange est assuré par la pompe respiratoire : Cage thoracique, colonne vertébrale, muscles respiratoires (diaphragme, muscles intercostaux).

Un facteur lié directement à la fréquence de respiration est le stress. Le stress est une réaction normale du corps qui permet au conducteur de faire face à une urgence, un danger, un changement brutal. En situation de stress, l'hypothalamus, une glande située dans le cerveau, va activer plusieurs hormones qui, une fois libérées, entraînent toute une série de réactions physiologiques : hypervigilance, accélération du rythme cardiaque, augmentation de la fréquence respiratoire, contractions musculaires, etc.

1.3. Température du corps :

La température corporelle peut aussi être considérée comme indicateur de l'état physiologique du conducteur. En effet, Il y a une relation entre la température du corps et le niveau de vigilance du conducteur. En effet, les variations de la vigilance sont étroitement liées aux modifications de la température du corps. Les études [2] ont montrées que la somnolence, (la capacité à dormir) est maximale à certaines périodes de la journée, qui correspondent à un refroidissement (le soir après 22 h environ, et vers 14 h). Par ailleurs, le niveau de vigilance et les performances physiques et intellectuelles sont optimales lors du maximum thermique en fin de matinée (après 10h) et surtout en fin d'après-midi (vers 20h). La figure 1, illustre ces conclusions. Sur cette dernière il est un creux thermique apparait en début d'après-midi qui reflète la baisse physiologique de la vigilance et favorise la sieste "post prandiale".

En général, la température corporelle varie en fonction du cycle nyctéméral, celle-ci est comprise entre 36,2 et 37,2. Durant le sommeil cette température corporelle baisse de 0,5 à 1 degré, cette baisse commence dès l'endormissement.

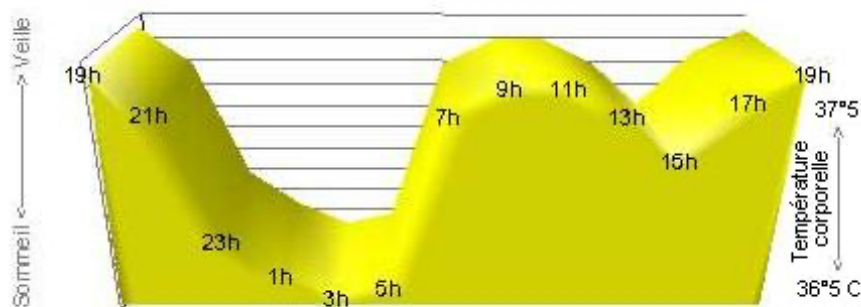


Figure 1 : température en fonction des heures en 24 heures.
https://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_11/i_11_p/i_11_p_hor/i_11_p_hor.html

3. CLASSIFICATIONS DU TYPE DE CONDUCTEURS.

Dans la littérature plusieurs classifications ont été faites selon l'âge des conducteurs, leur état de santé et leur expérience de conduite. D'après ces mêmes études, l'âge est le paramètre important qui a un lien direct par rapport aux signes vitaux notamment la fréquence cardiaque. Nous avons choisi de classer les types de conducteurs en deux catégories :

- Personne adulte entre 20-55 ans : pour ce type de personne en l'état normal, la fréquence cardiaque varie entre 52-88Bpm (exprimée ici en Battement par minute)
- Personne adulte dont l'âge varié entre 55-70 ans : pour cette catégorie la fréquence cardiaque est entre 49-88 Bpm.

L'impact des autres paramètres notamment l'état physique du conducteur (sportif ou non) seront considérés dans une l'enquête qui sera fournie aux conducteurs avant les tests, et repris dans l'analyse des données résultantes. La prise de médicaments sera aussi prise en compte mais vu la multitude des cas dérivant de ce paramètre, nous avons choisi de ne pas orienter les tests prévus dans cette direction (c'est-à-dire de ne pas étudier l'impact proprement dit de la prise de médicament). La prise de l'alcool peut être considérée avec l'utilisation d'artifices additionnels tels que des lunettes spécifiques.

Par ailleurs, un autre facteur ayant un impact important sur le niveau de vigilance et l'état de conducteur est la complexité de la conduite et plus précisément la quantité de ressources mentales mobilisées par une personne lors de la réalisation de la tâche de conduite. En effet, Il existe des tâches automatisées qui ne demandent pas d'effort mental, des tâches plus contrôlées simples qui n'exigent qu'un minimum d'effort, des tâches complexes qui nécessitent un niveau élevé de vigilance du conducteur et peuvent aller jusqu'à générer un stress. Ces tâches ont un lien direct avec l'âge et le niveau de l'expérience du conducteur. Ainsi, la même tâche peut donner lieu chez un débutant à une activité avec un niveau de vigilance élevée et, chez une personne dotée d'une grande expérience de conduite, à une activité automatisée sans grand effort ni un niveau important de concentration. Ainsi dans nos choix du conducteur, l'expérience de conduite sera aussi prise en compte.

4. CLASSIFICATION DES SCENARIOS D'ETUDE.

La conduite est en général classée en conduite « active » ou « passive ». La fatigue liée à une conduite active ou passive [3] est un facteur important dans les accidents de la route. Cette fatigue est liée principalement à une augmentation de la charge mentale dans certaines circonstances, ou à la multiplication et la complexité des tâches à réaliser telles que les embouteillages, une mauvaise visibilité, le besoin de pratiquer une tâche annexe (recherche d'une adresse, utilisation de téléphone en conduisant). Il a ainsi été montré qu'une augmentation de la charge mentale induite par la situation de conduite ou par une tâche annexe affecte les grandeurs physiologiques [4], [5], [6].

Par ailleurs, la baisse de vigilance est connue pour être un facteur important d'accident. La notion de vigilance fait référence à l'état d'activation du système nerveux central et peut être liée à des facteurs endogènes telle que la fatigue ou des facteurs exogènes telle que la monotonie de la conduite [7]. Elle peut déboucher sur un état de somnolence.

Plusieurs travaux ont montré que les situations monotones favorisent la désactivation de l'organisme par la rareté et le manque de variété des stimulations [8], [9], [10], [11], [12].

La durée de conduite est aussi un facteur important et provoque souvent la perte de vigilance et induit le sommeil notamment lors d'une conduite durant la nuit ou dans les premières heures de la matinée.

Ainsi les caractéristiques de la tâche du conducteur influencent son état interne [7] et ceci se traduisant par des variations des grandeurs physiologiques. Dans notre cas, c'est la situation de conduite qui peut influencer l'état interne du conducteur et affecter sa fréquence respiratoire, son rythme cardiaque et les autres grandeurs physiologiques.

En se basant sur cette analyse, plusieurs scénarios seront considérés par notre étude lors de la phase des tests prévue dans la tâche 2.2.

Les scénarios qui seront considérés sont :

- La conduite monotone sur autoroute. Nous pouvons imaginer un parcours de 15 à 20 minutes sur autoroute avec peu ou pas de trafic. Du brouillard pourra éventuellement être ajouté pour rendre le trajet plus monotone et favoriser la somnolence. Un évènement pourra être programmé en fin de parcours afin d'observer la dynamique de la réponse physiologique.
- La conduite en ville avec du trafic. Nous pouvons imaginer un parcours de 15 à 20 minutes en environnement urbain avec du trafic et plusieurs évènements rencontrés le long du parcours. Ces évènements pourront engager les participants dans un enchaînement d'actions avec contraintes temporelles telles que :le dépassement, l'évitement d'obstacle afin d'activer le système nerveux sympathique.
- La conduite en condition « neutre ». Nous considérons ici un parcours au cours duquel les stimulations et les exigences de contrôle du véhicule seront intermédiaires entre les deux précédentes conditions. Il pourra s'agir d'un parcours de 15 à 20 minutes sur autoroute et/ou sur route rurale avec un trafic modéré. Nous utiliserons ce parcours comme condition de référence.

Les conditions expérimentales seront contrebalancées. Des variantes ou d'autres situations de conduite pourront être envisagées en fonction des premiers résultats.

La durée cumulée de conduite sera limitée à environ 1 heure afin que les participants puissent expérimenter les différentes conditions au cours d'une même session expérimentale d'environ 2 heures.

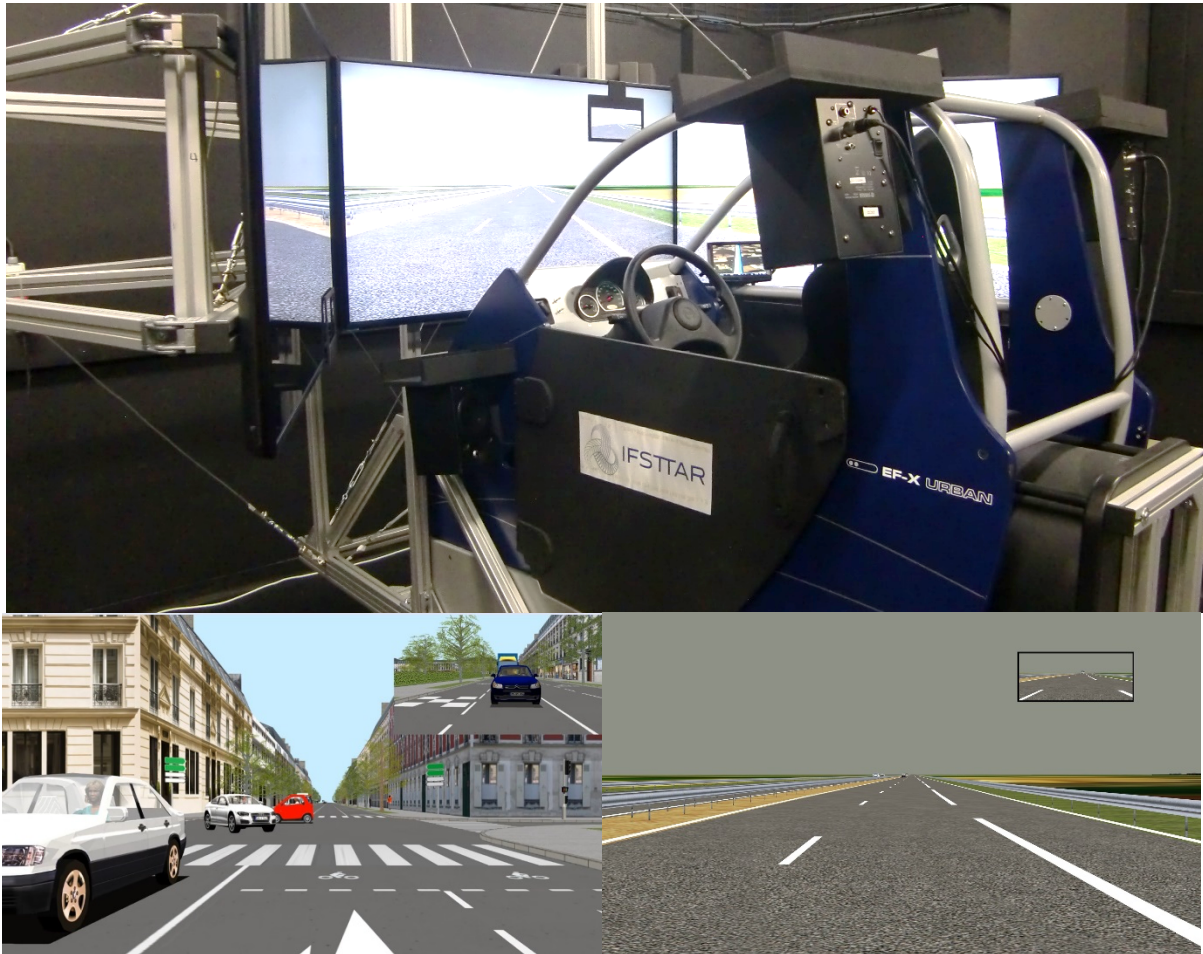


Figure 2 : Simulateur de conduite qui sera utilisé lors de la tâche 2.3 et exemples d'environnements routiers urbain et autoroutier pouvant être simulés.

5. CONCLUSIONS

L'anticipation des phénomènes d'endormissement au volant est un enjeu majeur pour la sécurité routière. Notre étude a pour but d'enregistrer des phénomènes physiologiques (VFC, FR, température corporelle) afin de prévenir la somnolence et l'endormissement du conducteur dans différents scénarios et conditions de conduite.

Au cours de cette première sous tâche du projet, nous nous sommes focalisés sur la définition des signaux physiologiques qui ont un impact direct sur l'état émotionnel du conducteur notamment sur le niveau de vigilance. Cette analyse de la littérature a permis de faire une première classification des sujets à prendre en compte lors des tests sur le simulateur de la conduite. Lors des tests et l'analyse des données, nous aurions la possibilité d'approfondir cette classification afin de déterminer s'il y a d'autres catégories à rajouter dans les tests finaux.

Lors de cette sous tâche, nous avons défini aussi les différents scénarios clés à prendre en compte lors des tests. Les scénarios choisis ont un lien direct avec le niveau de vigilance et l'état émotionnel du conducteur.

Les résultats de cette tâche permettront de définir les choix des capteurs qui seront proposés dans la tâche 2.2.

6. RÉFÉRENCES :

1. A. Borbely, P. Achermann «Concepts and models of sleep regulation: an overview» J. Sleep Res. 1(2), 63 (1992). Ref Type: Journal.
2. Livre Blanc « La somnolence au Volant », INSV (Institut National du Sommeil et de la Vigilance) et ASFA (Association Professionnelle Autoroutes et Ouvrages Routiers), 2013.
3. Franck Techer « Impact de la colère sur l'attention, le traitement de l'information et les performances en conduite simulée », Thèse, Novembre 2016
4. N.Meshkati, P. A.Hancock, M.Rahimi, A.M. Dawes « Techniques in mental workload assessment», In J. R. Wilson & E. N. Corlett (Eds.), Evaluation of human work: A practical ergonomics methodology (p. 749–782), 1995, Taylor & Francis.
5. J.Kaiser, A. Beauvale, J. Bener « The evoked cardiac response as a function of cognitive load in subjects differing on the individual difference variable of reaction time», Acta Neurobiologiae Experimentalis, 1996,56, 209-213.
6. H.Loeches De La Fuente, C. Berthelon, A. Fort, V.Etienne, M.De Weser, J. Ambeck, C.Jallais « Electrophysiological and performance variations following driving events involving an increase in mental workload », European transport research review.
7. F.Moreau « Towards real-time detection of cognitive effort in driving: contribution of a cardiac measurement », Le travail humain, 2017/1 (Vol. 80), p. 51-72.
8. P.Van Elslande, M.Jaffard, K.Fouquet, J.Y. Fournier « De la vigilance à l'attention... Influence de l'état psychophysiologique et cognitif du conducteur dans les mécanismes d'accidents », Rapport INRETS n°280, 2009, Salon-de-Provence.
9. J.Deffenbacher, R.Lynch, E.Oetting, D.Yingling, « Driving anger: Correlates and a test of state-trait theory», Personality and Individual Differences, 2001, 31(8), 1321-1331.
10. C. Tarrière, F.Hartemann, M.Niarfeix, « Recherche de Corrélations entre données de vigilance opérationnelle et physiologique : L'électroencéphalographie comme source d'informations sur l'évolution de l'efficacité du conducteur », Organisme national de sécurité routière, Bulletin ° 16 Août 1966.
11. A.Campagne, T.Pebayle, A.Muzet, « Correlation between driving errors and vigilance level: influence of the driver's age», Physiol Behav. 2004 Jan;80(4):515-24.
12. E.Huizeling, H.Wang, C.Holland, K.Kessler »Age-Related Changes in Attentional Refocusing during Simulated Driving», Brain Sci. 2020 Aug 7;10(8):530.