VIAS institute

Détecteurs « portatifs » de somnolence au volant

Réaction des conducteurs face aux avertissements d'un détecteur «portatif » de somnolence.

Service public fédéral
Mobilité et Transports

Détecteurs « portatifs » de somnolence au volant

Réaction des conducteurs face aux avertissements d'un détecteur «portatif » de somnolence.

Rapport de recherche n° 2017-R-14-FR

D/2017/0779/89

Auteur : Félix Vandemeulebroek

Éditeur responsable : Karin Genoe

Éditeur : l'institut Vias

Date de publication : 08/01/2018

Veuillez faire référence au présent document de la manière suivante : Vandemeulenbroek, F. (2017) Détecteurs « portatifs » de somnolence au volant. Réaction des conducteurs face aux avertissements d'un détecteur «portatif » de somnolence. Bruxelles, Belgique: l'institut Vias

Dit rapport is eveneens verschenen in het Nederlands onder de titel: "Draagbare" detectoren tegen slaperigheid achter het stuur. Reacties van bestuurders op de waarschuwingen van een draagbare slaperigheidsdetector.

Includes an English summary

Cette recherche a été rendue possible par le soutien financier du Service Public Fédéral Mobilité et Transports

Table des matières

1 Introduction: fatigue et somnolence au volant 7
1.1 Un facteur d'accident non négligeable 7
1.1.1 Quelles conséquences sur la conduite? 7
1.2 Les principales causes 7
1.2.1 Déficit de sommeil 7
1.2.2 Horloge biologique 7
1.2.3 Médicaments alcool drogues 8
1.2.4 Conditions de circulation 8
1.2.5 Somnolence chronique 8
1.3 Les signes précurseurs de fatigue 8
2 Les indicateurs scientifiques de la fatigue et de la distraction au volant 9
2.1 Les indicateurs physiologiques 9
2.2 L'analyse faciale 10
2.3 Analyse de la conduite 10
3 Recommandations générales concernant les détecteurs 11
3.1 Indicateurs 11
3.2 Avertissements 11
3.3 Autres recommandations 12
4 Étude des détecteurs "portatifs" de somnolence 13
4.1 Objectifs 13
4.2 Méthodologie 13
4.2.1 Simulateur ou conditions réelles? 13
4.2.2 Sélection des candidats 14
4.2.3 Sélection des appareils 14
4.2.4 Récolte des données 15
4.3 Résultats 16
4.3.1 Nombre d'avertissements et part d'avertissements considérés comme justes 16
4.3.2 Actions entreprises pour lutter contre la fatigue 17
4.3.3 Les détecteurs de somnolence ont-ils eu une influence sur les habitudes de conduite ? 18
5 Conclusion : quel avenir pour les détecteurs de conduite ? 20
Annexes 21
Liste des Tableaux et Figures 32
References 33

Remerciements

Les auteurs et l'institut Vias tiennent à remercier les personnes et organisations suivantes pour leur contribution très appréciée à cette étude :

- Julie Delzenne (l'institut Vias),
- Elke de Valcke (UGent),
- Ludo Kluppels (l'institut Vias)

Résumé

Cela fait maintenant quelques années que la somnolence au volant est reconnue comme un facteur d'accident non négligeable. S'il est difficile d'estimer la part exacte d'accidents exclusivement imputables à la fatigue, différentes recherches internationales estiment qu'elle serait en cause dans 20% des accidents. Parallèlement, une étude de l'IBSR nous indique que 4,8% des automobilistes belges déclarent avoir été confrontés à des épisodes de fatigue au volant au cours des 24h précédentes.

Ce problème est d'autant plus interpelant que, si l'automobiliste est capable d'évaluer correctement son état de fatigue, des études démontrent qu'il aurait tendance à sous-estimer les risques qui y sont associés. C'est ainsi que la majorité des automobilistes préfèrent avoir recours à des solutions « en voiture[1]» pour lutter contre la fatigue ou la somnolence. Si certaines de ces solutions permettent d'améliorer temporairement l'état d'éveil du conducteur, la pause et éventuellement la sieste restent les seules solutions efficaces pour lutter contre la somnolence au volant. Ces options, nécessitant de s'arrêter de conduire, restent malheureusement très impopulaires chez le conducteur belge.

Récemment, certains dispositifs de détection de la somnolence sont apparus. Leurs buts : aider les conducteurs à évaluer leur état de fatigue et les convaincre de s'arrêter à temps. Alors que certains appareils intégrés dans le véhicule semblent efficace, ils restent cependant réservés aux personnes pouvant se permettre l'achat d'un véhicule neuf équipé de tels systèmes. De nombreux systèmes « portatifs », souvent plus abordables, sont dès lors proposés comme alternative aux systèmes intégrés.

Malgré les recommandations et les recherches en laboratoire, il est difficile de savoir dans quelle mesure ces détecteurs de sommeil « portatifs » sont efficaces et pratiques. Mais surtout comment les conducteurs acceptent-ils les avertissements de l'appareil et quelle sera leur réaction ?

La présente étude porte sur la réaction subjective des usagers face aux avertissements de trois détecteurs « portatifs » de somnolence au volant, utilisés dans des conditions de conduite réelles.

L'étude démontre ainsi que les appareils « portatifs » testés n'ont pas permis aux conducteurs une meilleur prise de conscience de son état de fatigue ni des risques qui y sont associés :

- Les conducteurs ayant participé à l'étude considèrent tous pouvoir évaluer correctement leur état de fatigue. Par conséquent, ils semblent faire plus confiance en leur capacité à détecter la somnolence et le moment où ils doivent s'arrêter, qu'en la capacité de l'appareil. C'est ainsi que pour l'appareil jugé le plus fiable, seulement 14,9% des avertissements étaient considérés comme justifiés.
- Même face à un signal d'alarme jugé correct, la réaction de l'utilisateur n'est généralement pas adéquate. Les utilisateurs continuent ainsi à préférer les actions « en voiture » plutôt que les solutions reconnues comme efficaces : la pause ou la sieste.
- L'efficacité de certains systèmes semble faible : trop de faux-positifs pour certains modèles et l'absence d'alerte malgré un état de fatigue avancé pour d'autres.
- Les détecteurs de somnolence n'ont pas amené les conducteurs à modifier leurs habitudes de conduite.

[1] Nous entendons par des solutions « en voiture » les solutions permettant de continuer à rouler.

Summary

For some years now, drowsiness at the wheel has been recognised as a significant factor in causing accidents. While it is difficult to estimate the exact proportion of accidents that are attributable to driver fatigue alone, various international surveys estimate that tiredness could be a factor in 20% of accidents. In parallel to this, a study from the IBSR tells us that 4.8% of Belgian motorists say that they have had to deal with episodes of tiredness at the wheel during the course of the previous 24 hours.

This problem is of even greater concern given that while drivers may be able to assess their own level of fatigue accurately, studies show that they have a tendency to underestimate the risks associated with driving while tired. Hence the majority of motorists prefer to use "in car[2]" solutions to battle fatigue or drowsiness. While some of these solutions help improve the driver's alertness, taking a break or even having a nap remain the only effective solutions for fighting drowsiness at the wheel. Unfortunately, these options, which require the person to stop driving, are very unpopular among Belgian drivers.

Recently, however, a number of methods for detecting drowsiness have begun to appear. Their aim is to assist drivers in assessing their level of tiredness and to persuade them to stop driving in time. While some of the devices built into the vehicle as part of its equipment for this purpose appear to be effective, they are still reserved for people with the means to purchase a new vehicle equipped with these systems. However, numerous more affordable and "portable" systems are now coming on to the market as an alternative to built-in systems.

Despite recommendations and laboratory research, it is difficult to know just how effective and practical these "portable" drowsiness detectors actually are. More important to know is whether drivers will respond to the warnings provided by the devices and what they will do about them.

This study covers the subjective reactions of users when faced with the warnings from three "portable" devices for detecting drowsiness at the wheel, used under actual driving conditions.

The study shows that the "portable" devices tested did not make drivers more aware of their level of tiredness, nor the associated risks:

- The drivers who took part in the study were all of the opinion that they could assess their own level of tiredness accurately. As a result, they seemed to place greater faith in their own ability to detect drowsiness – and when they should stop to take a break – than the capability of the machine. Consequently for the device deemed to be the most reliable, only 14.9% of the warnings were considered to be justified.
- Even when faced with an alarm signal thought by the driver to be correct, the user did not take adequate measures as a result. So drivers continue to prefer "in car" measures against fatigue, rather than solutions known to be effective, such as taking a break or having a nap.
- The effectiveness of some systems also appears low: too many false-positives in some models and no alarm raised, despite an advanced level of tiredness, in others.
- So drowsiness detectors did not prompt drivers to change their driving habits.

[2] We understand "in car solutions" to be solutions that enable the user to keep on driving.

1 Introduction: fatigue et somnolence au volant

Souvent confondues, car intimement liées il est important de différencier la fatigue de la somnolence.

- **La fatigue** correspond à un affaiblissement physique ou intellectuel qui dans le cas de la fatigue au volant se traduit généralement comme la difficulté à rester concentré. La fatigue nécessite du repos.
- **La somnolence** correspond à un état intermédiaire entre veille et sommeil qui en pratique se traduit par la difficulté à rester éveillé. La somnolence nécessite le sommeil.

1.1 Un facteur d'accident non négligeable

Cela fait maintenant quelques années que la fatigue et la somnolence au volant sont reconnues comme des facteurs d'accident non négligeables. Bien que la part exacte des accidents imputables exclusivement à la fatigue soit difficile à estimer, on suppose qu'elle serait en cause dans 20% des accidents. Parallèlement, une étude IBSR (Diependaele, 2015) nous indique que 4,8% des automobilistes déclarent avoir été confrontés à des épisodes de fatigue/ somnolence au volant, dans les 24h précédentes.

1.1.1 Quelles conséquences sur la conduite?

Celles-ci sont souvent minimisées par les conducteurs, pourtant les conséquences sont comparables à celles de la conduite sous influence de l'alcool :

- Difficulté à maintenir sa trajectoire;
- Temps de réaction plus long;
- Micro-sommeils;
- Baisse de l'attention;
- Difficulté à maintenir une vitesse constante.

1.2 Les principales causes

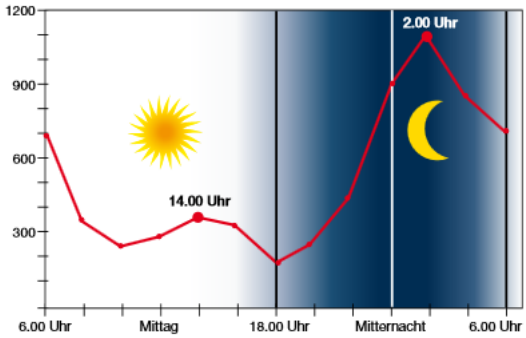
1.2.1 Déficit de sommeil

Tout le monde peut être confronté à un déficit de sommeil, dont les causes peuvent être multiples. Le problème est qu'un déficit de sommeil ne se résorbe pas facilement et la seule manière de le combler est de dormir. S'il est difficile de quantifier le nombre d'heures de sommeil idéal pour l'individu moyen, nous savons que certaines catégories de conducteur sont d'avantage exposés aux risques de déficit de sommeil: chauffeurs routiers , livreurs, personnes travaillant avec des horaires décalés, etc.

1.2.2 Horloge biologique

Nous avons tous une horloge biologique qui implique des périodes d'éveil et de fatigue en fonction du moment de la journée. Ainsi l'analyse des accidents dus à une baisse de vigilance montre qu'il y a deux pics d'accidents. Le premier se situe entre 13 et 15 h, et le deuxième ,beaucoup plus important, se situe aux alentours de 2h du matin.

Figure 1. Nombre d'accidents liés à la fatigue en fonction de l'heure



Source : ADAC

1.2.3 Médicaments alcool drogues

Outre l'alcool et les drogues, beaucoup de médicaments ont également un effet important sur l'état d'éveil de l'usager. Alors que les psychotropes sont bien connus comme pouvant altérer l'état d'éveil, d'autres médicaments plus ordinaires, comme les antiallergiques et remèdes contre le rhume, peuvent avoir un effet similaire.

1.2.4 Conditions de circulation

Les conditions de circulation peuvent avoir une grande influence sur l'état de vigilance du conducteur. Un trajet long et monotone induit un risque plus élevé de baisse de vigilance.

1.2.5 Somnolence chronique

Intimement lié au phénomène d'apnée du sommeil, ce syndrome augmente de 6 à 7 fois le risque d'accident.

1.3 Les signes précurseurs de fatigue

La fatigue et la somnolence peuvent être repérées à temps par le conducteur via les signes précurseurs suivants :

- Difficulté à maintenir la tête droite
- Bâillements à répétition
- Lourdeur des paupières et picotement des yeux
- Difficultés à maintenir une vitesse constante
- Troubles de la concentration
- Pensées décousues
- Augmentation des gestes « autocentrés[3] »

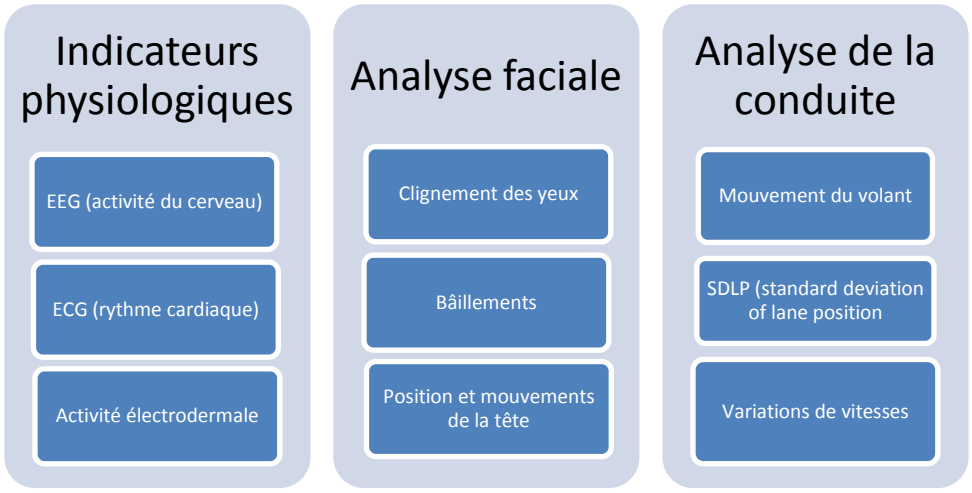
Si l'autoévaluation de son état de fatigue à l'aide de ces signes précurseurs semble évident, des études démontrent que le conducteur aurait tendance à sous-évaluer les risques associés à la fatigue au volant (Horne & Reyner, 1996 ; Lerner et al. 1996). Une aide à la détection du degré de fatigue et du risque de somnolence, permettrait-elle aux conducteurs de prendre plus conscience de son état et des risques associés ?

[3] Les gestes autocentrés, également appelés d'auto-contact, sont des gestes centrés sur la personne et son corps comme par exemple se gratter et se frotter les yeux.

2 Les indicateurs scientifiques de la fatigue et de la distraction au volant

Si les signes précurseurs de la fatigue abordés au point 2.3 permettent au conducteur d'autoévaluer son état de fatigue ou de vigilance, beaucoup ne sont pas utilisables par les détecteurs de somnolence. Il existe cependant un certain nombre d'indicateurs scientifiques permettant à un appareil de déterminer l'état de vigilance ou d'éveil du conducteur. La figure 2 reprend ces principaux indicateurs, regroupés dans trois grandes catégories : les indicateurs physiologiques, les indicateurs comportementaux et l'analyse de la conduite.

Figure 2. Les principaux indicateurs scientifiques de la fatigue et la distraction au volant.



2.1 Les indicateurs physiologiques

Électro-encéphalographies (EEG) : des capteurs sur la tête enregistrent l'activité du cerveau qui se décompose en plusieurs ondes. Ce sont les rythmes alpha et thêta qui sont analysés pour déterminer l'état de fatigue du sujet. Le degré de fatigue peut être déterminé en fonction de la balance alpha/thêta (Boksem et al., 2005 ; Klimesch, 1999 ; Lafrance et Dumont, 2000 ; Oken et Salinsky, 1992 ; Liu et al., 2009).Attention toutefois aux interférences possibles, les mesures peuvent êtres influencées par les mouvements du corps, de la tête ou des yeux (Liu et al., 2009). À noter : des tests réalisés en labo avec un simulateur de conduite se sont avérés positifs (Jia-Wei et al., 2008 ; Mervyn et al., 2009).

Électrocardiographie (ECG) : mesure du rythme cardiaque est bien maîtrisée et l'ECG constitue la méthode la plus complète. Le degré d'alerte du conducteur peut être déterminé en fonction de la variation de la fréquence cardiaque, une personne concentrée aura un rythme cardiaque plus régulier qu'un individu moins concentré.

Activité électrodermale (AED): l'utilisation de l'activité électrodermale comme indicateur de l'hypovigilance du conducteur automobile, fait depuis longtemps l'objet d'études. En 1966, l'organisme national de la sécurité routière en France affirmait déjà que la corrélation en l'activité électrodermale et le niveau de vigilance avait été validée scientifiquement (Pin, 1996). Depuis d'autres études se sont replongées sur l'utilisation de l'AED comme indicateur de vigilance et plus précisément sur les indicateurs électrodermaux les plus pertinents (Clarion, 2009).

2.2 L'analyse faciale

PERCLOS : Le « percentage of eyelid closure » (PERCLOS) consiste à mesurer le pourcentage de temps durant lequel les yeux sont fermés au moins à 80% sur la pupille, durant un certain laps de temps. Un individu est considéré comme fatigué lorsque le PERCLOS dépasse 80% (Wierwille& Ellsworth, 1994). Cet indicateur semble assez fiable pour déterminer l'état de fatigue d'un individu (Liu et al., 2009) mais les systèmes mesurant le PERCLOS se heurtent cependant à une difficulté : la luminosité pourrait rendre la détection difficile mais aussi influencer directement le clignement (Horne & Reyner, 1996).

Autres indicateurs :L'analyse faciale permet également de prendre en compte d'autres paramètres comme le bâillement et les mouvements de la tête. Des tests en laboratoire avec ces indicateurs complémentaires se sont également révélés positifs (Jia-Da et Tuo-Rung, 2008 ; Shuyan et Gangtie, 2009).

2.3 Analyse de la conduite

Plusieurs facteurs liés directement à la conduite permettent de déterminer le niveau d'alerte du conducteur. Les trois indicateurs qui suivent sont les plus populaires:

Les variations de vitesse : le manque de sommeil peut amener le conducteur à adopter une conduite moins fluide, avec des variations de vitesses plus fréquentes.

La trajectoire du véhicule : des études ont montré qu'un conducteur fatigué éprouve des difficultés à suivre une trajectoire. Des dispositifs permettant d'avertir le conducteur lorsqu'il dévie de la trajectoire sont désormais fréquents dans les nouveaux véhicules.

Steering Weel Movements (SWM) : un conducteur alerte ajuste constamment le position du véhicule effectuant des petits mouvements avec le volant. Le conducteur fatigué dévie beaucoup plus de sa trajectoire et doit la corriger en effectuant de plus grands mouvements avec son volant (Liu et al., 2009).

3 Recommandations générales concernant les détecteurs

Nous avons passé en revue les principaux indicateurs scientifiques pour déterminer l'état de fatigue. Les détecteurs de somnolence « portatifs » utilisent d'ailleurs généralement un ou plusieurs de ces indicateurs. Mais en pratique quels sont les points d'attentions lorsqu'on souhaite développer ou acquérir un détecteur de fatigue ?

La littérature ne regorge pas d'informations concernant les recommandations spécifiques pour les détecteurs de fatigue. Voici cependant les quelques recommandations identifiées dans l'étude de Lerner et al. (1996) et la thèse de Clarion A. (2009).

3.1 Indicateurs

L'algorithme de l'appareil doit se baser sur des indicateurs ayant été validés scientifiquement comme indicateurs de vigilance et/ou de fatigue. L'appareil utilisera de préférence une combinaison de ces indicateurs, de manière à réduire le risque d'erreur et dès lors augmenter sa fiabilité. A ce titre, l'exploitation de données physiologiques et comportementales (analyse faciale, analyse de la conduite) semble le plus indiqué.

3.2 Avertissements

Tous les avertissements doivent apparaître lorsqu'un danger/risque est détecté et disparaître automatiquement si il n'est plus d'actualité. L'avertissement peut être sonore, visuel ou tactile ; soit une combinaison des trois.

Quel que soit le moyen d'avertissement, il ne pourra en aucun cas être une source supplémentaire de distraction :

- **les avertissements sonores** doivent avoir un volume sonore raisonnable. L'automobiliste fatigué étant plus sensible aux signaux sonores, un signal trop fort risque de le déconcentrer ;
- **les avertissements visuels** doivent être situés dans un cône de 15° d'amplitude autour de la ligne de vue normale du conducteur lorsqu'il regarde la route ;
- **les avertissements tactiles** doivent être situés dans un endroit n'entrainant pas de risque de déconcentration. Les pédales et le volant sont à éviter tandis que le siège semble être un endroit approprié.

La littérature recommande deux types d'avertissements, clairement différenciables l'un de l'autre :

- **l'avertissement de mise en garde** doit informer l'utilisateur d'un danger/risque à venir. Ce type d'avertissement doit être relativement doux, en laissant le choix de l'intensité à l'utilisateur. Un avertissement de mise en garde doit être répété environ toutes les 5 minutes avec éventuellement la possibilité de mettre le système en veille.
- **l'avertissement de danger imminent** a pour but de faire réagir immédiatement le conducteur pour éviter l'accident. Ce type d'avertissement doit être émis avec une fréquence et une intensité unique, sans possibilité de mettre le système en veille.

3.3 Autres recommandations

De manière générale, il faut que le système soit simple et confortable à utiliser. Un système non-intrusif restera toujours préférable, tout comme le système intégré au véhicule. Le système doit idéalement se calibrer automatiquement lors de chaque démarrage du véhicule et si ce n'est pas le cas, le calibrage manuel doit être simple et rapide.

4 Étude des détecteurs "portatifs" de somnolence

Malgré les recommandations et les recherches en laboratoire, il est difficile de savoir dans quelle mesure les détecteurs « portatifs » de somnolence en vente sont efficaces et pratiques. Mais surtout comment les conducteurs acceptent-ils les avertissements de l'appareil et comment vont-ils réagir ?

4.1 Objectifs

La présente étude vise à étudier la réaction subjective des usagers face aux avertissements d'un certain nombre de détecteurs portatifs de somnolence.

Plus précisément, l'étude vise à répondre aux questions suivantes :

- Quelle part d'avertissements est considérée comme juste par les usager ?
- Comment réagissent les usagers après un avertissement ?
- Les usagers ont-ils changé leurs habitudes de conduite ?
- Quels sont les difficultés rencontrées lors de l'utilisation des appareils ?

4.2 Méthodologie

4.2.1 Simulateur ou conditions réelles?

Le choix entre l'étude en simulateur ou l'étude en conditions réelles de conduite est toujours un choix méthodologique important dans le cadre d'une étude portant sur le comportement des comportementales. Si l'étude en simulateur comporte certains avantages comme la facilité d'enregistrement des paramètres de le conduite et le contrôle absolu des caractéristiques du trajet, dans le cadre de cette étude cette étude elle n'était toutefois pas, ou du moins très difficilement, envisageable. En effet, notre étude portant sur la réaction subjective des conducteurs face aux alertes émises par un détecteur de fatigue/somnolence, l'option du simulateur a été écartée:

- certains détecteurs « mobiles » se basent sur l'analyse de la conduite (vitesse, maintien de la trajectoire, etc.) et sont par conséquent inutilisables en simulateur ;
- la validation[4] du simulateur pour ce type de mesure est difficile voire impossible ;
- certaines stratégies fréquemment utilisées par les conducteurs fatigués, ne peuvent pas ou difficilement être observées en laboratoire (ex : ouvrir la fenêtre/diminuer la température de l'air, augmenter la musique, etc.) ;

L'option des conditions réelles a donc été retenue, en prenant toutefois certaines précautions quant à la sélection des personnes et des trajets qu'elles effectueront avec l'appareil.

[4] La validation du simulateur consiste à ajuster les paramètres de l'expérimentation de façon à s'assurer de la correspondance des mesures avec celles que l'on observeraient en conditions réelles.

4.2.2 Sélection des candidats

Nous avons ainsi sélectionné les candidats sur base des caractéristiques et circonstances spécifiques issues de l'étude IBSR sur l'ampleur et les caractéristiques de la somnolence chez les conducteurs belges (Diependaele, 2015).

Les paramètres déterminant pour participer à l'étude étaient :

- effectuer régulièrement de longs trajets hors agglomération, de préférence sur autoroute ;
- passer plus de 4h par jour au volant ;
- conduire régulièrement durant les heures dites « à risque » ;
- avoir un cycle sommeil-veille régulièrement perturbé ;

Pour être sélectionnés pour l'étude, les candidats devaient répondre au minimum à trois des quatre paramètres exposés ci-dessous. Si l'objectif initial était d'avoir 20 candidats par appareil, la difficulté de trouver 60 personnes répondant aux critères et prêtes à participer à l'étude nous a obligé à revoir à la baisse notre échantillon. Au final c'est 30 personnes qui ont été sélectionnées pour participer à l'étude

4.2.3 Sélection des appareils

L'offre en matière de détecteurs « portatifs » de somnolence étant très conséquente et diversifiée, faire le bon choix parmi celle-ci n'est pas toujours évident. La sélection des appareils s'est déroulée en plusieurs étapes :

1. Premièrement un inventaire de tous les appareils disponibles sur le marché a été dressé (voir annexe 1);
2. Les appareils répondant à un maximum de recommandations exposés au point 4 ont été sélectionnés et présentés au Dr. E. de Valck (UGent), spécialiste de la somnolence ;
3. Sélection finale de trois appareils tenant compte de l'avis de l'expert ainsi que du prix d'achat[5].

Trois appareils, fonctionnant chacun avec des indicateurs différents ont ainsi été sélectionnés :

1. Une **bague anti-somnolence:** elle analyse continuellement l'activité électrique biologique du majeur et de l'index. Il existe 2 niveaux d'alerte : une vibration lorsque la bague détecte une baisse de l'attention progressive et une sonnerie associée à une vibration en cas de baisse importante de l'attention.
2. Un **avertisseur de radar :** déclenche une alerte à la somnolence en fonction du comportement de conduite, de l'heure de départ et de la durée du trajet. Lorsqu'il réagit, l'appareil interroge le conducteur sur son état physique et lui conseille de faire une pause.
3. Une **caméra d'analyse faciale**: placée sur le tableau de bord du véhicule, sa fonction est d'analyser en continu les mouvements oculaires. Lorsque le système détecte une variation significative au niveau de la pupille, il déclenche immédiatement une alerte sonore.

Le tableau ci-dessous reprend les principales caractéristiques des appareils ayant été déterminantes pour la sélection de ceux-ci.

[5] L'objectif de l'étude étant d'étudier la réaction subjective des conducteurs face au signaux donnés par des appareils accessibles au grand public. Les appareils trop onéreux ou réservés à la recherche scientifique ont dès lors été écartés.

Tableau 1. Résumé des caractéristiques des trois appareils, ayant été déterminantes pour leur sélection.

Appareil	Non-intrusif ?	Indicateur	Niveaux d'alertes	Calibrage	Destiné au grand public ?
Caméra de reconnaissance faciale (caredrive)	Oui	Analyse faciale (PERCLOS et autre)	2 niveaux	Manuel	Oui
Bague anti-somnolence (stopsleep)	Non	Activité électrodermale	2 niveaux	Automatique	Oui
Avertisseur de radar (coyote)	Oui	Analyse de la conduite	?	Automatique	Oui

4.2.4 Récolte des données

Les candidats retenus pour l'étude se sont vus chacun attribuer un des trois appareils pendant un mois ainsi qu'un carnet de bord (voir annexe 2) afin de noter avant et après chaque trajet effectué avec l'appareil les informations suivantes :

- évaluation de son état de fatigue avant et après le trajet, à l'aide de l'échelle de Karolinska (KSS)[6] ;
- nombre d'heures de sommeil ;
- caractéristiques du trajet (temps, km, type de routes, nombre de pauses, nombre d'arrêts) ;
- nombre d'avertissements donnés par l'appareil ;
- nombre d'avertissements considérés comme justifiés ;
- actions entreprises pour combattre la fatigue.

Les données-trajets incomplètes/illisibles écartées, c'est les données de plus de 850 heures de tests en conditions réelles qui ont été analysées[7].

Les 156 données de trajets récoltés à l'aide de carnets ne contenant aucune informations quant aux critères subjectifs pour considérer un avertissement justifié ou entreprendre tel ou tel action. Nous avons dès lors effectué des interviews de fin de test afin de revenir sur l'expérience avec le conducteur et de compléter les données quantitatives du carnet par des informations d'ordre subjectif.

Un questionnaire (voir annexe 3) a été élaboré comme feuille de route pour ces interview. Il est composé de 3 parties :

1. La première partie rassemble un ensemble de questions générales ayant pour objectifs de mettre l'interviewé en confiance et de récolter des informations relatives à son rapport à la fatigue.
2. La deuxième partie concerne le test en question avec comme objectif avoir des explications complémentaires tels que : les difficultés rencontrées, les conditions particulière pouvant influencer les avertissements, les critères subjectifs pour classer un avertissement comme justifié ou non et les actions entreprises.
3. La dernière partie aborde l'influence sur les habitudes de conduite et le futur de ces appareils.

[6] L'échelle de Karolinska est utilisée pour l'évaluation subjective de son état de fatigue. La personne y indique son état de fatigue sur une échelle de 1 à 9. La personne est considérée somnolente lorsque le score est supérieur à 5 (KSS>5).

[7] Soit 156 données-trajets, pour une moyenne de 5 heures par trajet.

4.3 Résultats

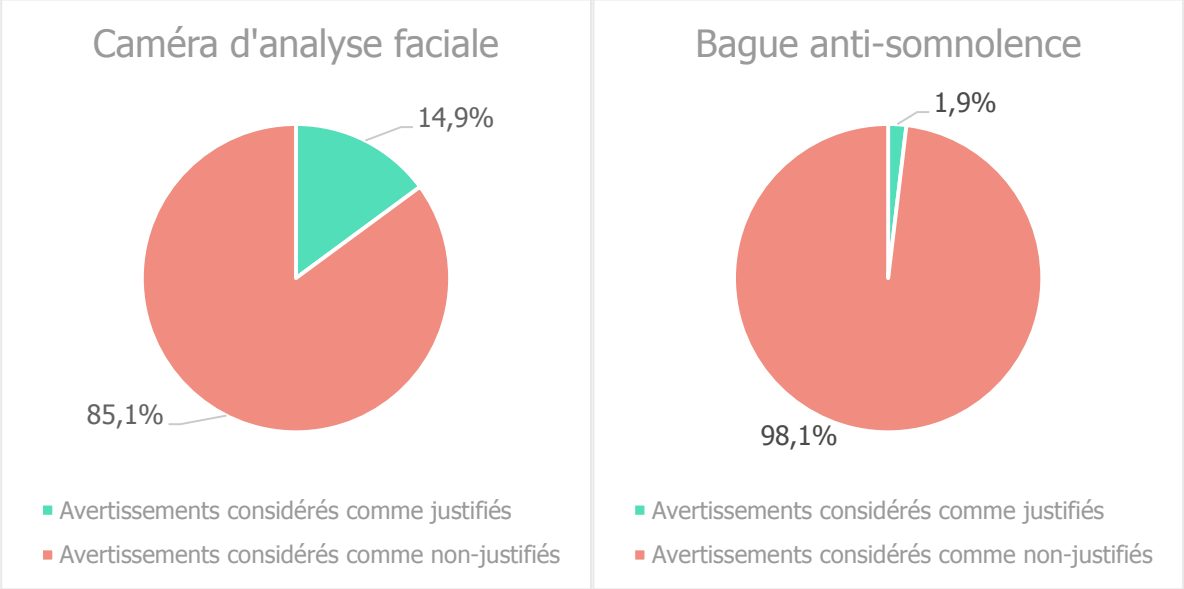
Les résultats ci-dessous ont étés obtenus grâce à l'analyse des 156 données-trajets issues des carnets de bord ainsi que des entretiens approfondis à la fin du mois de test.

4.3.1 Nombre d'avertissements et part d'avertissements considérés comme justes

Avec une moyenne de 8,0 avertissements par trajet c'est la caméra d'analyse faciale qui donne le plus d'avertissements suivi de la bague mesurant l'activité électrodermale avec une moyenne de 5,9 avertissements par trajet. Le détecteur de radar quant à lui est largement en dessous avec seulement un avertissement pour la somnolence sur l'ensemble des trajets effectués et ce après plus de 4h30 de conduite sans pause. Pour la bague et la caméra d'analyse les premiers avertissements arrivent en moyenne après 50 minutes de conduite ce qui pourrait correspondre avec les premiers signes d'inattention du conducteur. L'avertisseur de radar semble quant à lui peu fiable pour la détection et la prévention de la somnolence au volant.

Sur tous les avertissements enregistrés, peu sont considérés comme justifiés par les utilisateurs. C'est la caméra d'analyse faciale qui semble l'appareil le plus fiable selon les conducteurs, mais avec seulement 14,9% des avertissements considérés comme justifiés. La bague se place en deuxième position, avec seulement 1,9% des avertissements qui sont considérés comme justifiés. Quant à l'avertisseur de radar, le seul avertissement observé a été considéré comme non-justifié.

Figure 3. Part d'avertissements considérés comme justifiés par l'utilisateur. Résultats pour la bague et la caméra d'analyse faciale.



Ces chiffres démontrent le manque de confiance accordé à ces détecteurs de somnolences. Ainsi le simple fait d'utiliser des indicateurs scientifiquement valables voire même de valider l'appareil en laboratoire ne suffit pas pour rendre l'appareil fiable aux yeux des usagers.

Les principales justifications apportées par les conducteurs lors de l'entretien sont les suivantes :

- l'avertissement apparaît trop tôt, le chauffeur ne se considère pas fatigué/somnolent (KSS≤5) ;
- l'avertissement apparaît alors que le chauffeur reconnaît être fatigué (KSS>5) mais il s'estime capable de continuer à conduire ;
- pour la caméra : certaines actions comme regarder trop longtemps dans le rétroviseur peuvent enclancher un avertissement.

Lors des interviews, la quasi-totalité des interviewés déclaraient savoir évaluer facilement leur état de fatigue en se basant sur un certain nombre de symptômes. La plupart des symptômes évoqués correspondent à ceux abordés au point 2.3.

Par contre, si quasi tous les interviewés reconnaissent que la fatigue peut avoir une influence sur leur comportement routier, peu semblent vraiment considérer les risques qui y sont associés. Ainsi pour certains, ce changement de comportement est en fait lié au fait que la personne « roule différemment pour rester concentrer », tandis que pour d'autres ils n'apparaissent qu'après un stade avancé de somnolence.

Ces résultats confirment la théorie selon laquelle l'individu aurait tendance à minimiser les risques associés à la fatigue au volant.

4.3.2 Actions entreprises pour lutter contre la fatigue

Indépendamment du fait qu'il ait ou non rapporté un état de somnolence au volant, l'usager a été invité à indiquer dans une liste[8] les stratégies qu'il a adoptés pendant le trajet pour prévenir ou combattre la somnolence.

Le Tableau 2 donne un aperçu du nombre de stratégies adoptées pour contrer la somnolence en fonction de l'état de fatigue du conducteur. Nous remarquons, qu'indépendamment de l'état de fatigue du conducteur, pour 65,4% des trajets enregistrés, le conducteur n'a pas entrepris d'actions particulières. Plus interpellant par contre est que pour 36,7% des trajets où le chauffeur était somnolent (KSS>5), ce dernier n'a pas réagi. Enfin lorsque le chauffeur se considère comme somnolent (KSS>5) , il aura tendance à entreprendre plusieurs stratégies pour contrer la fatigue. Pour 46% des trajets effectués avec des signes de somnolence (KSS>5), le chauffeur a entrepris plus d'une action pour prévenir ou contrer la somnolence.

Tableau 2. Comparaison de la répartition du nombre de stratégies adoptées pour contrer la somnolence entre conducteurs somnolents (KSS>5) et non somnolents.

	Général	Non somnolent (KSS≤5)	Somnolent (KSS>5)
Aucune stratégie adoptée	65,4%	71,4%	36,7%
Une stratégie adoptée	11,5%	19,1%	20%
Plusieurs stratégies adoptées	23,1%	9,5%	43,3%

Le Tableau 3 nous donne un aperçu de la répartition des différentes stratégies adoptées par le conducteur somnolent ou non. La mesure la plus populaire (« écouter la radio/de la musique ») et la moins populaire (« Faire une sieste ») correspondent à celles identifiées dans l'étude IBSR sur la prévalence de la somnolence au volant chez les conducteurs belges (Diependaele, 2015). Ce tableau réaffirme que les mesures les plus efficaces pour prévenir ou lutter contre la somnolence (faire une pause et faire une sieste) restent très impopulaires chez le conducteur belge.

Contrairement à la plupart des études sur la somnolence, « Ouvrir la fenêtre/diminuer la température » se retrouve ici en 4e position. Ceci peut s'expliquer par le fait que les tests ont étés effectués majoritairement en hiver, un moment où les températures sont plus faibles. Enfin, deux mesures n'ont pas été observées lors de cette étude à savoir : « téléphoner » et « changer de conducteur ». Bien entendu le fait que les trajets, étaient majoritairement liés au travail, donc effectués sans passager, peut expliquer l'absence de cette dernière mesure. Toutefois, l'option de changer de conducteur n'est pas très populaire chez l'automobiliste belge (Diependaele, 2015).

[8] Cette liste de stratégies a été compilée sur base de la littérature existante

Tableau 3. Comparaison de la répartition des stratégies prises pour contrer la somnolence entre conducteurs somnolents (KSS>5)et non-somnolents.

	Général	Non somnolent	Somnolent
Écouter la radio/musique	37,6%	40,5%	30,3%
Manger/boire	25,6%	23,8%	30.3%
S'étirer	9,4%	8,3%	12,2%
Ouvrir la fenêtre/diminuer la température	8,5%	8,3%	9,1%
Augmenter le volume de l'autoradio	5,1%	7,1%	/
Prendre une boisson énergisante ou un café	4,3%	3,6%	6,1%
Changer de position	3,4%	3,6%	3%
Parler avec le passager	2,5%	2,4%	3%
Rouler plus vite	0,9%	1,2%	/
Prendre un stimulant	0,9%	1,2%	/
Faire une pause	0,9%	/	3%
Faire une sieste	0,9%	/	3%

4.3.3 Les détecteurs de somnolence ont-ils eu une influence sur les habitudes de conduite ?

Comme le suggèrent les résultats exposés aux points 5.3.1. et 5.3.2., les détecteurs de somnolence n'ont pas réellement influencé les habitudes de conduite des conducteurs. Les conducteurs eux-mêmes l'ont d'ailleurs réaffirmé dans l'interview de fin de test. Tous les conducteurs ont ainsi déclaré ne pas avoir modifié leur manière de conduire et de réagir face à la fatigue :

- les conducteurs n'ont pas réagi aux avertissements qu'ils considéraient comme injustifiés (majorité des signaux) ;
- lorsque le signal était justifié ils ont fait usage des stratégies qu'ils utilisent habituellement, préférant les stratégies « dans le véhicule », qui permettent de continuer à rouler. Aucun conducteur n'a déclaré avoir fait plus de pauses ou de siestes durant le mois où il a utilisé l'appareil.

Les conducteurs semblent s'accorder sur le fait qu'aucun des détecteurs testés soit en mesure de mieux évaluer le moment où il faut s'arrêter, que le conducteur lui-même.

Dans certains cas, ces doutes quant à la performance de l'appareil ont également été alimentés et renforcés par un certain nombre d'éléments rapportés par l'utilisateur:

- le réglage de certains appareils n'est pas facile et peut influencer les performances de l'appareil ;
- certains éléments externes pourraient avoir une influence sur les performances de l'appareil (type de trajet, moment du trajet, météo, etc.) ;
- certains utilisateurs ont simulé l'endormissement au volant et n'ont pas eu de réaction de l'appareil.

Les appareils testés n'ont pas permis au conducteurs une meilleur prise de conscience de son état de fatigue ni des risques qui y sont associés.

5 Conclusion : quel avenir pour les détecteurs de conduite ?

La présente étude a étudié la réaction subjective d'un certain nombre de détecteurs « portatifs » de somnolence. Sur base des 156 données de trajets, effectués en conditions réelles, récoltées à l'aide des carnets de bord et des interviews individuelles de fin de test, quatre grands enseignements ont été tirés :

1. Les conducteurs ayant participés à l'étude considèrent tous pouvoir évaluer correctement leur état de fatigue. Par conséquent, ils semblent faire plus confiance en leur capacité à détecter la somnolence et le moment où ils doivent s'arrêter, qu'en la capacité de l'appareil. C'est ainsi que pour l'appareil jugé le plus fiable, seulement 14,9% des avertissements étaient considérés comme justifiés.
2. Même face à un signal d'alarme jugé correct, la réaction de l'utilisateur n'est généralement pas adéquate. Les utilisateurs continuent ainsi à préférer les actions « en voiture » pourtant peu efficaces au détriment des deux solutions reconnues comme efficaces : la pause ou la sieste.
3. L'efficacité de certains systèmes semble faible : trop de faux-positifs pour certains modèles et l'absence d'alerte malgré un état de fatigue avancé pour d'autres.
4. Les détecteurs de somnolence n'ont pas amené les conducteurs à modifier leurs habitudes de conduite.

Les appareils testés dans le cadre de cette étude n'ont pas permis aux conducteurs une meilleure prise de conscience de leur état de fatigue ni des risques qui y sont associés.

Malgré ces résultats un tant soit peu décevants, il est important de ne pas écarter d'emblée le potentiel des détecteurs de somnolence dans la lutte contre la somnolence au volant. En effet, il est important de rappeler que les appareils testés étaient des appareils portables et que ceux-ci comportaient certaines faiblesses :

- le nombre d'indicateurs utilisés par ces appareils est limité ;
- le calibrage de certains appareils n'est pas facile et influence fortement le nombre de faux positifs ;
- certains éléments externes peuvent clairement influencer le fonctionnement de l'appareil ;
- certains appareils étaient considérés comme trop intrusifs.

Conscient de ces faiblesses, les conducteurs ayant participé à l'étude n'écartent pas de voir un jour un détecteur de somnolence dans lequel ils auraient confiance. La majorité des interviewés déclarent ainsi que les appareils futurs pourraient être utiles pour tout conducteur effectuant de long trajets. Parmi les points d'attention soulignés par les conducteurs ayant participé à l'étude nous notons :

- l'appareil devrait être le moins intrusif possible ;
- l'appareil devrait être de préférence intégré dans le véhicule ;
- l'appareil devrait se calibrer automatiquement ;
- l'appareil devrait prendre en compte un maximum de paramètres pour éviter les faux-négatifs.

Il est intéressant de noter que ces points d'attention correspondent à ceux que l'on retrouve dans la littérature.

L'industrie automobile semble avoir compris le potentiel des détecteurs de somnolence intégrés et non intrusifs et intègre de plus en plus de capteurs dans les véhicules. Malheureusement, en l'absence d'une règlementation européenne rendant ces dispositifs obligatoires dans tout nouveau véhicule, ces détecteurs intégrés restent inaccessibles à une grande partie de la population.

Annexes

Annexe 1 : Inventaire des détecteurs "portatifs" de somnolence disponibles sur le marché, début 2015.

Système se basant sur l'inclinaison de la tête

	Doze Alert	NOD-Stopper
Fonction(s)	Détecteur de somnolence uniquement	
design		
Moyen(s) d'avertissement	Sonore: 86 dB (2000 Hz.)	Sonore: 90 dB (2000 Hz.)
Principe	L'appareil se base sur l'inclinaison de la tête, passé un certains angle l'appareil émet un signal sonore.	
Groupe cible	Toute personne ayant besoin d'être éveillée pour effectuer certaines taches: chauffeur, gardien de nuit, infirmières, etc.	
Spécifications	Signal : Sonore Calibrage : Manuel, possibilité d'ajuster l'angle Taille : 2"x2"x1" Poids: 56g Alimentation : batterie ➔ Sans latex	Signal : Sonore Calibrage : (pas d'informations) Taille: 2"x2"x1/2" Poids : 56g Alimentation : batterie

	Anti-drowsy Nap Zapper Elite	**No Nap**
Fonctions	Détecteur de somnolence uniquement	
Design		
Moyen(s) d'avertissement	Signal sonore	Signal sonore
Principe	L'appareil se base sur l'inclinaison de la tête, passé un certains angle (30°) l'appareil émet un signal sonore.	L'appareil se base sur l'inclinaison de la tête, passé un certains angle l'appareil émet un signal sonore.
Groupe cible	Gardien de sécurité et conducteur	Toute personne ayant besoin d'être éveillée pour effectuer certaines taches: chauffeur, gardien de nuit, infirmières, etc.
Spécifications	Signal : Sonore Calibrage : Manuel, possibilité d'ajuster l'angle Taille :/ Poids: 16g Alimentation : batterie	Signal : Sonore Calibrage : Manuel, possibilité d'ajuster l'angle Taille :/ Poids: 13g Alimentation : batterie

	Lunette de conduite alarme sommeil
Fonction	Détecteur de somnolence + verres anti-fatigue
Design	
Moyen(s) d'avertissement	Signal sonore de 98 dB
Principe	L'appareil se base sur l'inclinaison de la tête, passé un certains angle l'appareil émet un signal sonore. Les verres jaunes aident le conducteur à combattre la fatigue.
Groupe cible	Conducteurs
Spécifications	Signal : Sonore Calibrage : / Taille : 15 x 15 x 4 cm Poids: 33g Alimentation : piles

Appareil utilisant l'analyse faciale

	Drive fatigue monitor MR688	**Roadefend Driver Anti-fatigue system**
Fonction	Avertisseur somnolence + inattention	Somnolence + black box
Design		
Warning signal	Signal sonore avec deux niveau d'alerte + Message vocal	Signal sonore et vibrations
Principe	Utilise le PERCLOS pour déterminer l'état de fatigue du conducteur. Alerte également le conducteur en cas d'inattention (= lorsqu'il ne regarde pas la route)	L'appareil se base sur des données biométriques pour déterminer l'état de fatigue du conducteur. L'appareil dispose également d'une fonction black box avertissant l'opérateur de la flotte de diverses données tel que la position du véhicule, sa vitesse et du degré de fatigue du conducteur.
Groupe cible	Chauffeurs professionnels Conducteurs lambda	Chauffeurs professionnels
Spécifications	Signal : Sonore Calibrage : Manuel, 3 niveaux de sensibilité Taille : / Poids: / Alimentation : allume cigare	Signal : Sonore + vibration Calibrage : ? Taille : / Poids: / Alimentation : allume cigare

	Target drive	**Optalert glasses**
Fonction	Détecte la fatigue	Détecte la fatigue
Design		
Moyen(s) d'avertissement	Signal sonore	Signal visuel : Johns Drowsiness Scale
Principe	Détecte la fatigue a partir du PERCLOS et des mouvements de la tête. L'appareil prend également en compte la vitesse ainsi que le profil du conducteur.	Détecte la fatigue à partir du PERCLOS
Groupe cible	Conducteurs	Professionnels de la route
Spécifications	Signal : Sonore Calibrage : ?	Signal : visuel Calibrage : ? Autre :

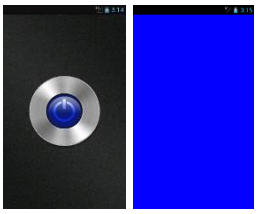
Appareils utilisant l'analyse de la conduite

	Lane keeping warning system	**Avertisseur de radar**
Fonction	Inattention, fatigue, dashcam, « front car departure allert »	Alerte somnolence + avertisseur de dangers + avertisseur radar
Design		
Moyen(s) d'avertissement	Signal sonore + message vocal	Signal sonore et visuel
Principe	Utilise le SDLP pour déterminer l'état de fatigue du conducteur. En cas d'alerte, le conducteur peu appuyer sur un bouton pour éteindre le signal sonore	Utilise quatre indicateurs pour avertir le conducteur somnolent: **- Les variations de vitesse** **- Les variations de direction** **- L'heure** **- La durée du trajet**
Groupe cible	Conducteurs et chauffeurs professionnels	Conducteur de voiture
Spécifications	Signal : Sonore + message vocal Calibrage : Manuel Taille : / Poids: / Alimentation : allume cigare	Signal : Sonore + visuel Calibrage : automatique Taille : / Poids: / Alimentation : allume cigare

Appareil analysant l'activité électrodermale

	Stopsleep	
Fonction	Détection de somnolence	
Design		
Moyen(s) d'avertissement	Sonore et tactile	
Principe	Utilise l'activité électrodermale pour déterminer l'état de fatigue du conducteur	
Users	Conducteurs	
Specifications	Signal : Sonore et tactile Calibrage : automatique Taille : 4,2 x 2,6 x 3,5 cm Poids: 20gr Alimentation : batterie (+/- 10h d'autonomie)	

Autres appareils

	Boitier interactif	Application smartphone
Fonction	Etat de fatigue + inattention Calculates your fatigue level (26 input factors). Alertness tests Recommends breaks	aider à conduire avec un risque moins important de somnolence
design		
Warning signal	Visuel et sonore	Pas de signal
Principe	Détecte la somnolence et l'innatention sur base d'un certain nombre de facteurs: 1) Le profil du conducteur obtenu à l'aide d'un questionnaire 2) L'état de fatigue que le conducteur mentionne avant le voyage 3) Des données propres à la conduite récoltées à l'aide d'une série de capteurs 4) Des tests de réaction	Augmente la vigilance en stimulant des cellules nerveuses spéciales situées sur la rétine
Groupe cible	Conducteurs effectuants de longs trajets	Conducteur
Specifications	Signal : Sonore et visuel Calibrage : Manuel, à l'aide d'un questionnaire Taille : / Poids: / Alimentation : piles	S'utilise sur un smartphone

Annexe 2: exemple d'une double page « trajet » des carnets de bords distribués aux conducteurs

À remplir avant le trajet

Date :.....**Heure:**.....

Combien d'heures avez-vous dormi la dernière nuit?.....

Indiquez sur l'échelle suivante votre état de fatigue/d'éveil:





À remplir à la fin du trajet

Nombre d'heures passées au volant:.....
Distance parcourue:.....

Nombre d'arrêts (<10 min.):.....**Nombre de pauses (>10 min.):**.....

Majoritairement sur :

- ☐ Autoroutes
- ☐ Réseau urbain
- ☐ Grandes routes de liaison (nationales)
- ☐ Routes de campagne

Particularités?

- ☐ Bouchons
- ☐ Conditions climatiques exceptionnelles:.....
- ☐ Trafic dense (sans bouchon)

Nombre d'alertes:.....

Première alerte après combien de temps?.....

Combien étaient justifiées (selon vous)?.....

Avez-vous entrepris une ou plusieurs des actions suivantes afin d'être plus alerte?

- ☐ Allumer la radio/musique
- ☐ Prendre une boisson énergétique/café
- ☐ Ouvrir la fenêtre/diminuer la température
- ☐ Rouler plus vite
- ☐ Parler avec le passager
- ☐ Téléphoner
- ☐ Changer de position
- ☐ Changer de conducteur
- ☐ Augmenter le volume
- ☐ Prendre un stimulant
- ☐ Manger/boire
- ☐ S'arrêter pour dormir
- ☐ S'étirer
- ☐ Pas réagi
- ☐ Faire une pause
- ☐ Autre:.....

Indiquez sur l'échelle suivante votre état de fatigue/d'éveil:



Annexe 3: question de l'interview de fin de test

1. Quel est votre Age ?
2. Depuis combien de temps êtes-vous en possession du permis B ?
3. Prenez-vous régulièrement la voiture ?
    - 3.1. Quelle fréquence ?
    - 3.2. Quels type(s) de trajet(s) ?
4. Vous arrive-t-il de vous sentir fatigué au volant ?
    - 4.1. Quelle fréquence ?
    - 4.2. Quels symptômes ?
    - 4.3. Conditions particulières ?
    - 4.4. Pensez-vous pouvoir évaluer facilement votre état de fatigue ?
5. Comment réagissez-vous habituellement lorsque vous êtes fatigué au volant ?
6. Pensez-vous que votre comportement sur la route peut-être influencé par la fatigue ?
    - 6.1. À partir de quel stade de fatigue ?
7. Ce mois-ci vous avez reçu un appareil permettant de détecter la fatigue, de quel appareil s'agit-il ?
8. Êtes-vous plutôt adepte de ces gadget/nouvelles technologies ?
    - 8.1. Avez-vous l'habitude d'utiliser des gadgets dans votre voiture ?
        - 8.1.1. Lesquels ?
        - 8.1.2. Plusieurs en même temps ?
9. Avez-vous utilisé l'appareil de détection de la somnolence ?
    - 9.1. Quelle fréquence ?
    - 9.2. Quels moment oui quels moment non ?
    - 9.3. Effort particulier ?
10. Avez-vous rencontré des difficultés particulières ?
    - 10.1. Lesquelles ?
    - 10.2. Prise en main ?
11. Avez-vous reçu des avertissements ?
    - 11.1. De quels types ?
    - 11.2. Justifiés ou non ?
        - 11.2.1. Lesquels oui /lesquels non
    - 11.3. Conditions particulières
    - 11.4. Comment avez-vous réagi ?

12. Changé vos habitudes de conduite ?
    12.1. De quelle manière ?
    12.2. Si non, dans le futur ?
13. 3 points positifs, 3points négatifs ?
14. Quel avenir détecteurs?

Liste des Tableaux et Figures

Tableaux

Tableau 1. Résumé des caractéristiques des trois appareils, ayant été déterminantes pour leur sélection. .. 15

Tableau 2. Comparaison de la répartition du nombre de stratégies adoptées pour contrer la somnolence entre conducteurs somnolents (KSS>5) et non somnolents. 17

Tableau 3. Comparaison de la répartition des stratégies prises pour contrer la somnolence entre conducteurs somnolents (KSS>5)et non-somnolents. 18

Figures

Figure 1. Nombre d'accidents liés à la fatigue en fonction de l’heure 8

Figure 2. Les principaux indicateurs scientifiques de la fatigue et la distraction au volant. 9

Figure 3. Part d'avertissements considérés comme justifiés par l'utilisateur. Résultats pour la bague et la caméra d'analyse faciale. 16

References

Boksem, M.A.S., Meijman, T.F., Lorist, M.M. (2005). "*Effects of mental fatigue on attention: An ERP study*", Cognitive Brain Research, vol. 25, pp. 107 – 116.

Boyle, L.N.; Tippin, J.; Paul, A.; Rizzo, M. (2008). "*Driver performance in the moments surrounding a microsleep*", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2008, 11 (2), pp. 126–136.

Clarion, A. (2009) *« Recherche d'indicateurs électrodermaux pour l'analyse de la charge mentale en conduite automobile »,* Lyon, France : Université Claude Bernard – Lyon .

De Rosario, H.; Solaz, J. S. ; Rodriguez, N. ; Bergasa, L. M. (2010). *"Controlled inducement and measurement of drowsiness in a driving simulator"*, IET Intelligent Transport Systems 12/2010, Vol. 4, n° 4.

De Waard, D. (1996). "*The measurement of drivers' mental workload*", Traffic Research Centre, University of Groningen.

Diependaele, K. (2015). *"Somnolance au volant. Analyse de l'ampleur et des caractéristiques de la somnolance chez les conducteurs Belges. "*, Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière.

Horne, J. A. & Reyner, L. A. (1996). *"Counteracting driver sleepiness: Effects of napping, caffeine, and placebo."* Psychophysiology, 33, pp. 306–309.

Ingre,M.; Akerstedt, T.; Peters, B.; Anund, A.; Kecklund, G.; Pickles, A. (2006). *"Subjective sleepiness and accident risk avoiding the ecological fallacy."* Journal of Sleep Research, 15, pp. 142–148.

Jia-Da, W. & Tuo-Rung, C. (2008). *" Development of a drowsiness warning system based on the fuzzylogic images analysis",* Expert Systems with Applications 34, pp. 1556–1561.

Jia-Wei,F.; Mu, L.; Bao-Liang, L. (2008). "*Detecting drowsiness in driving simulation based on EEG"*

Klimesch, W. (1999). *"EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis*", Brain Research Reviews, vol. 29, pp. 169– 195.

Lafrance, C., Dumont, M. (2000). *"Diurnal variations in the waking EEG: comparison with sleep latencies and subjective alertness"*, Journal of Sleep Research, vol. 9, pp. 243– 248.

Lerner, N. D.; Kotwal, B. M.; Lyons, R. D.; Gardner-Bonneau, D. J. (1996). *"Preliminary human factors guidelines for crash avoidance warning devices"* National Highway Traffic Safety Administration Washington DC.

Liu, C.; Hosking, S.; Lenné, M., (2009). *"Predicting driver drowsiness using vehicle measures: Recent insights and future challenges"*, Journal of Safety Research n°40, pp. 239–245.

Mervyn, V.M. Y.; Xiaoping, L.; Kaiquan, S.; Einar, P.V. W.S., (2009). *"Can SVM be used for automatic EEG detection of drowsiness during car driving?"*, Safety Science, Volume 47, Issue 1, pp. 115-124

Oken, B.S., Salinsky, M. (1992). *"Alertness and attention: basic science and electrophysiologic correlates"*, Journal of Clinical Neurophysiology, vol. 9 (4), pp. 480–494.

Pin, M. C. (1966). *"Application de techniques électrophysiologiques à l'étude de la conduite automobile.",* France : Organisme National de la Sécurité Routière.

Sahayadhas, A.; Sundaraj, K.; Murugappan M. (2012). *"Detecting Driver Drowsiness Based on Sensors: A Review"*, Sensors 2012 12, pp. 16937-16953.

Shuyan, H. & Gangtie, Z. (2009). *"Driver drowsiness detection with eyelid related parameters by Support Vector Machine"*, Expert Systems with Applications 36, pp. 7651–7658.


institute