

SYSTÈME DU CONTRÔLE DE L'HYPOVIGILANCE DU CONDUCTEUR (ADAS)



Étudiants :

Juliette BECKER

Marc CHEDEFAUX

Lou DOS

Kenza HATIM

Mona JEUNEHOMME

Eléa SIZAIRE

Enseignant-responsable du projet :

Abdelaziz BENSRAIR

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **15/06/2020**

Référence du projet : **STPI/P6/2020 – 33**

Intitulé du projet : **Systeme du contrôle de l'hypovigilance du conducteur (ADAS)**

Type de projet : **Bibliographique**

Objectifs du projet :

- Définir l'hypovigilance au volant, ses effets et conséquences
- Étudier les systèmes ADAS mis en place pour prévenir l'hypovigilance
- Découvrir et expliquer les dispositifs existants sur le marché de l'automobile
- Trouver de nouveaux moyens pour contrer l'hypovigilance du conducteur

Mots-clefs du projet : Hypovigilance / Contrôle / Sécurité routière

TABLE DES MATIERES

NOTATIONS, ACRONYMES.....	5
REMERCIEMENTS	6
INTRODUCTION	7
MÉTHODOLOGIE ET ORGANISATION DU TRAVAIL	8
I. Principe et fonctionnement du contrôle de l’hypovigilance	9
A. <i>Par électroencéphalographie</i>	<i>9</i>
B. <i>Par électro-oculographie</i>	<i>10</i>
C. <i>L’analyse vidéo des clignements des yeux.....</i>	<i>11</i>
II. Les dispositifs existants et limites	12
A. <i>Dispositifs sur le marché</i>	<i>12</i>
a) <i>Les dispositifs intégrés par les constructeurs.....</i>	<i>12</i>
b) <i>Les dispositifs ajoutés par le conducteur</i>	<i>13</i>
B. <i>Les limites des dispositifs existants.....</i>	<i>14</i>
III. Les pistes en cours de développement.....	15
A. <i>Innovations</i>	<i>15</i>
B. <i>Voiture autonome</i>	<i>16</i>
C. <i>Véhicules connectés.....</i>	<i>17</i>
RAPPORT D’ÉTONNEMENT	18
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	19
BIBLIOGRAPHIE	20

NOTATIONS, ACRONYMES

ADAS : Systèmes avancés d'assistance au conducteur

EEG : Électroencéphalographie

EOG : Électro-oculographie

SPU : Signal Processing Unit

OPL : Outer Plexiform Layer

DAC : Driver Alert Control

LDW : Lane Departure Warning

NIR : Near InfraRed

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. A. Bensrhair, notre enseignant encadrant, qui nous a aidé à mener à bien notre projet. Il a su nous guider et nous aider dans nos recherches.

Malgré la situation exceptionnelle, il est resté à notre écoute et disponible pour nos diverses questions. Nous le remercions pour son engagement et le temps qu'il nous a accordé.

INTRODUCTION

Contexte générale

La baisse du niveau de vigilance appelé : l'hypovigilance est au cœur de notre société. En effet, selon l'INRS 2018, l'hypovigilance serait responsable dans 11% des accidents mortels. L'impact est donc considérable et les constructeurs automobiles en prennent de plus en plus conscience. Pour cela ils mettent en place divers systèmes pour aider l'automobiliste dans sa conduite et tenter de prévenir en cas d'hypovigilance. Sur quels principes se basent-ils pour prévenir l'hypovigilance ? Quels sont les signes à identifier ?

Définition de l'hypovigilance

L'hypovigilance peut être décrite comme étant un état intermédiaire entre la veille et le sommeil dans lequel les facultés d'observation et d'analyse sont très réduites. On parle d'hypovigilance quand l'attention baisse ou est détournée pour diverses raisons.

L'hypovigilance se manifeste par de nombreux signes avant-coureurs.

Les signes se manifestent notamment sur le comportement du conducteur et sur sa conduite. Des signes physiques peuvent aussi attester de la fatigue du conducteur. Tous ces signes permettent de diagnostiquer l'hypovigilance du conducteur. Les dispositifs mis en place vont alors analyser ces facteurs pour détecter une fatigue chez le conducteur.

État des recherches

Depuis de nombreuses années et face à l'importance de la mortalité liée à l'hypovigilance, de multiples études ont été menées à ce sujet pour ainsi le limiter avec les nouvelles technologies. Deux chemins ont alors été abordés. Le premier consiste à étudier le comportement du conducteur et donc analyser ses comportements pouvant attester d'un manque de vigilance. Il s'agit notamment d'une étude sur l'activité oculaire et cérébrale. Le second, plus ancien consiste à étudier le comportement du véhicule sur la route. La trajectoire de la voiture est alors observée pouvant démontrer un manque de vigilance de la part du conducteur, ainsi que les coups apportés au volant.

Malheureusement, les travaux réalisés restent axés sur un conducteur type qui peut ne pas s'adapter à tout conducteur. En effet, les signes de l'hypovigilance n'étant pas les mêmes pour chaque personne, les systèmes de contrôle ont du mal à s'adapter à chacun.

Problématique et plan du rapport

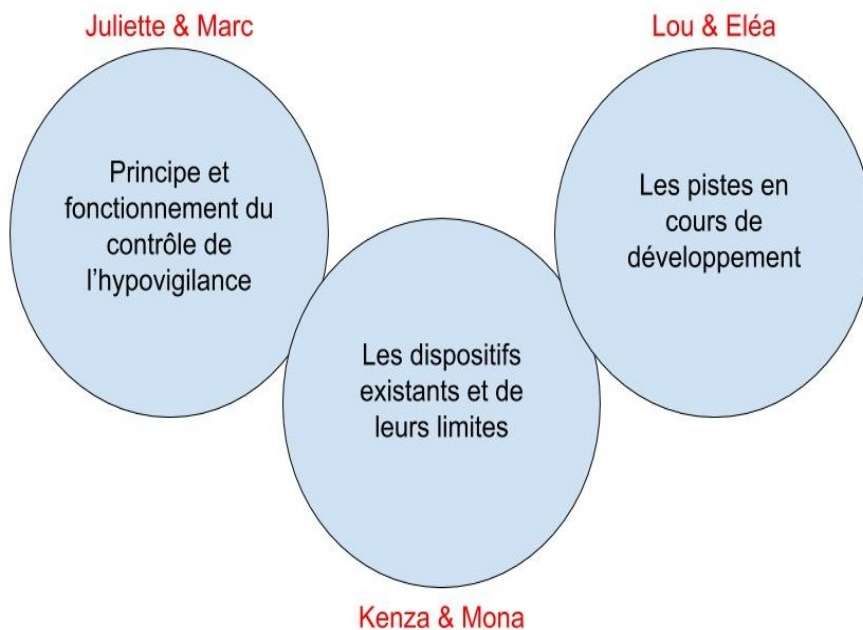
Nous allons axer notre projet sur l'étude des différents systèmes existants ou à l'état de brevet lié au contrôle de l'hypovigilance du conducteur. Pour cela, nous allons présenter dans une première partie les systèmes ADAS, leur principe et mode de fonctionnement, ainsi que les signes révélateurs de l'hypovigilance chez le conducteur et son impact sur sa conduite. Puis dans un second temps, nous étudierons les systèmes déjà existants et commercialisés. Nous verrons leur fonctionnement et utilisation ainsi que leurs limites. Enfin, nous nous intéresserons aux systèmes en cours de développement et prototypes.

MÉTHODOLOGIE ET ORGANISATION DU TRAVAIL

Durant les premières séances, nous avons travaillé ensemble afin de découvrir le sujet de notre projet. Puis, ensemble nous avons établi un plan détaillé de chaque partie à la suite de nos recherches. Nous avons également créé un Drive commun afin d'y partager les liens de nos recherches et le document de notre rapport afin que tout le monde puisse y travailler en tenant compte de l'avancée des autres.

Une fois le plan validé et bien détaillé, nous nous sommes répartis par binôme sur les trois parties. Juliette et Marc ont alors pris la première partie sur le principe et fonctionnement du contrôle de l'hypovigilance, Kenza et Mona se sont occupées des dispositifs existants et de leurs limites et enfin, Lou et Eléa ont étudié les pistes en cours de développement.

Malheureusement, la crise sanitaire du Covid-19 nous a contraint à travailler à distance. Face à cela, nous avons créé un groupe Discord afin de pouvoir discuter ensemble sur le créneau hebdomadaire, mais aussi en dehors. Ainsi, nous avons poursuivi notre projet au mieux en réalisant régulièrement des mises en commun. Nous avons aussi pu compter sur notre professeur référant à l'écoute de nos questions.



Organigramme des tâches réalisées

I. PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT DU CONTROLE DE L'HYPOVIGILANCE [1] [2]

Dans cette partie, nous allons commencer par expliquer le principe et le mode de fonctionnement des systèmes de contrôle de l'hypovigilance. En effet, même si plusieurs dispositifs de contrôle existent, ils reposent tous sur des principes connus [10].

A. Par électroencéphalographie

L'électroencéphalographie, ou EEG, est beaucoup utilisée dans les systèmes de contrôle de l'hypovigilance. Même si elle propose un dispositif peu commercialisable, elle se montre très efficace et très précise.

Cette méthode repose sur l'analyse des signaux cérébraux définissant l'état d'activité du cerveau. On peut distinguer 5 types d'ondes qui sont utiles à analyser :

- α : relaxation légère
- β : éveil et activité
- γ : gestion des informations
- δ : sommeil et méditation profondes
- θ : relaxation profonde

On peut ainsi déduire le tableau suivant qui indique les différents stades d'hypovigilance :

Objective Sleepiness Score	Contenu EEG	Clignements et mouvements d'yeux
0	Activité β continue en fond, pas d'activité α et θ	et clignements et mouvements d'yeux normaux
1	Apparition d'ondes α et/ou θ pendant au moins 5s cumulées	et clignements et mouvements d'yeux normaux
2	Apparition d'ondes α et/ou θ pendant au moins 5s cumulées	et clignements et mouvements d'yeux lents
	ou Apparition d'ondes α et/ou θ pendant 5 à 10s cumulées	et clignements et mouvements d'yeux normaux
3	Apparition d'ondes α et/ou θ pendant 5 à 10s cumulées	et clignements et mouvements d'yeux lents
	ou Apparition d'ondes α et/ou θ pendant plus de 10s cumulées	et clignements et mouvements d'yeux normaux
4	Apparition d'ondes α et/ou θ pendant plus de 10s cumulées	et clignements et mouvements d'yeux lents

Figure 1: Tableau récapitulatif des stades de l'hypovigilance (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00440959/document>)

Sur ce tableau, on remarque que le contenu de l'EEG est mis en relation avec les clignements des yeux. En effet, c'est commun d'utiliser ces deux fonctions car elles permettent, à deux, d'obtenir une meilleure précision d'analyse.

Par conséquent, on va maintenant analyser le principe de l'électro-oculographie.

B. Par électro-oculographie

L'Électro-oculographie, ou EOG, est la mesure de l'activité électrique de l'œil. Ainsi, elle permet d'analyser les mouvements de l'œil ainsi que les clignements de ce dernier. On mesure l'EOG en posant des électrodes de cette manière :

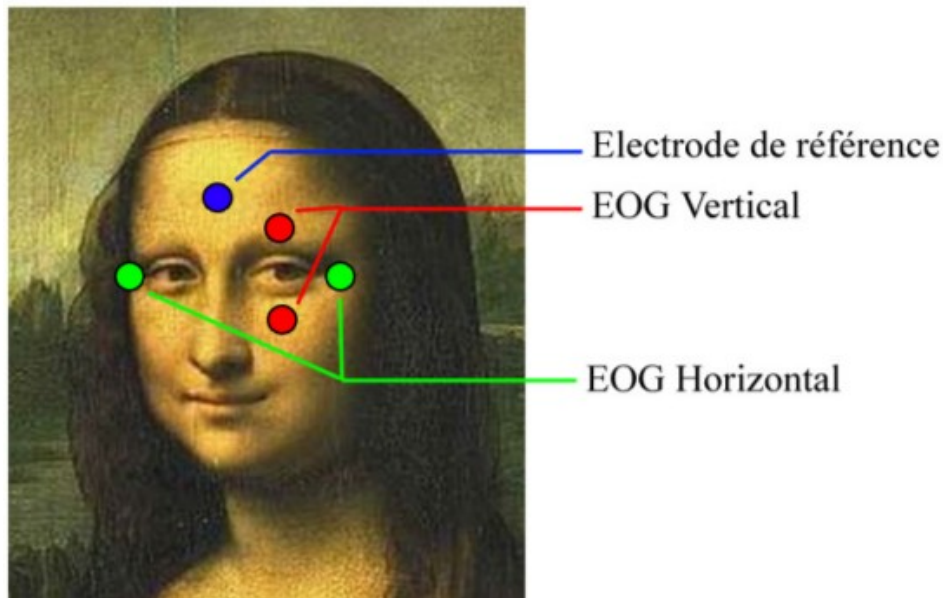


Figure 2: Description de l'emplacement des capteurs de l'EOG (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00440959/document>)

On remarque sur cette photo que la mesure de l'EOG se fait grâce à 2 jeux de 2 électrodes ainsi qu'une électrode de référence. Les 2 jeux de 2 électrodes permettent de différencier les mouvements verticaux des yeux des horizontaux. Ainsi on peut obtenir les clignements des yeux grâce à l'analyse du signal des 2 électrodes verticales.

Pour notre problème, l'analyse du signal des 2 électrodes verticales est suffisante car il permet à lui seul d'analyser les clignements. Par conséquent, on n'utilisera pas les signaux horizontaux. On obtient ainsi le graphique suivant :

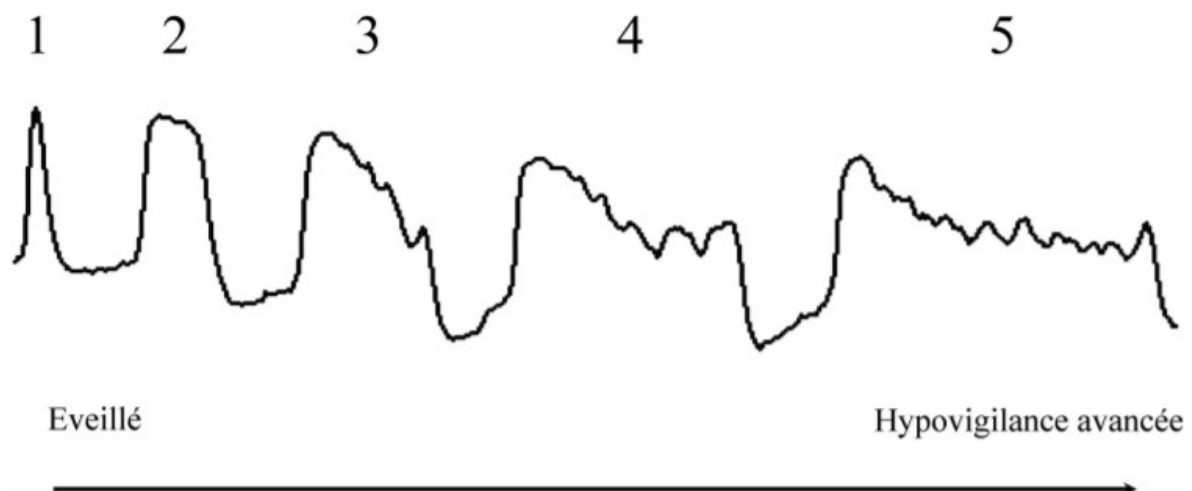


Figure 3: Analyse du signal de l'EOG (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00440959/document>)

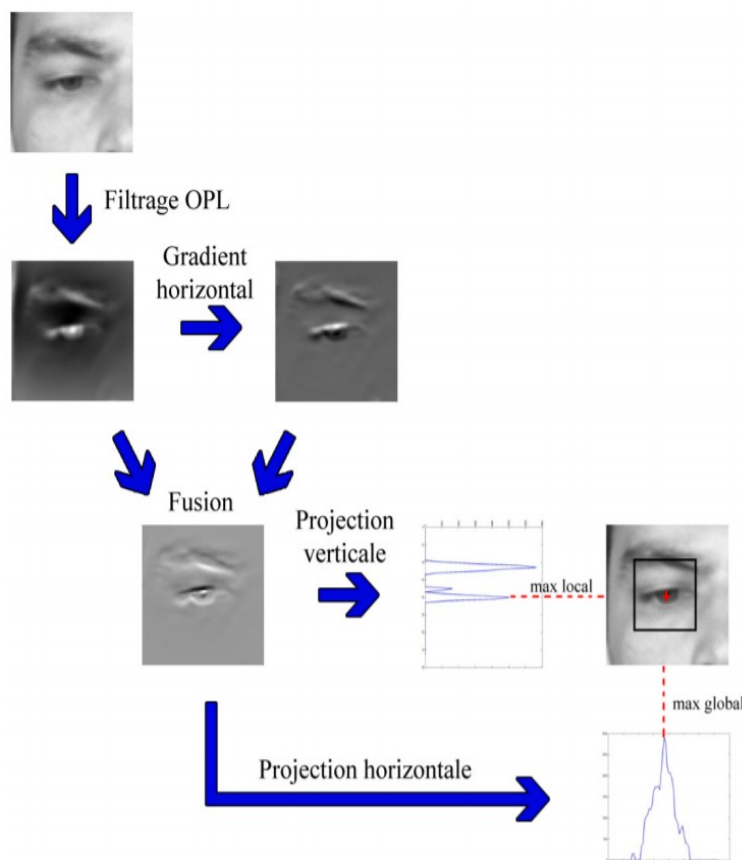
Sur celui-ci, on peut voir le signal émis par l'œil au moment d'un clignement avec différentes phases de vigilance. En effet, à gauche, on peut voir une courbe "propre" et courte qui montre un clignement rapide. De plus, plus on regarde vers la droite, plus on avance vers l'hypovigilance et plus on remarque que le signal est chaotique et long.

En mettant en lien avec le tableau vu précédemment, on en déduit que l'analyse de l'EOG couplée à celle de l'EEG, permet une très bonne mesure de l'hypovigilance.

C. L'analyse vidéo des clignements des yeux

Après l'analyse des clignements grâce à l'EOG, on peut aussi analyser ceux-ci grâce à une caméra. En effet, grâce à une caméra à haute vitesse, on peut observer les mouvements de l'œil et donc les analyser par la suite. Pour pouvoir analyser les mouvements des yeux grâce à une caméra et un micro-ordinateur, il faut que ce dernier puisse comprendre le flux vidéo et en déduire s'il y a eu un clignement ou non. Or le micro-ordinateur ne possède pas de connaissance sur les clignements et ne possède aucune intelligence propre. En effet, le micro-ordinateur possède l'intelligence qu'on lui donne. Il faut donc lui apprendre à analyser un clignement.

Pour ce faire, afin qu'il puisse comprendre le flux vidéo, il faut passer par des filtres vidéo tels que ci-dessous :



L'analyse du flux vidéo commence tout d'abord par la détection du visage, puis celle des yeux sur l'image. Une fois cette détection faite, il faut effectuer un filtrage OPL (Outer Plexiform Layer) afin de garder des nuances de gris et de noir, et surtout d'augmenter le contraste au niveau des contours. Ainsi, en projetant de manière verticale et horizontale, on obtient deux courbes avec deux maxima locaux représentant la pupille dans l'axe vertical et dans l'axe horizontal. De cette manière, le microprocesseur peut "voir" la pupille et donc savoir si elle est cachée par les paupières ou si celle-ci est visible. Il peut donc analyser les clignements de l'œil. Ainsi on obtient le même résultat qu'avec l'EOG et on peut donc connaître l'état de conscience de l'individu.

Figure 4: Description de l'analyse des clignements des yeux (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00440959/document>)

II. LES DISPOSITIFS EXISTANTS ET LIMITES

A. Dispositifs sur le marché

a) Les dispositifs intégrés par les constructeurs

Les dispositifs intégrés par les constructeurs se divisent en 2 catégories. En effet, certains préfèrent détecter les signes de fatigue en analysant la conduite quand d'autres préfèrent surveiller directement le conducteur et observant les signes physiques de fatigue.

i. *Surveillance de la conduite*

Volvo [9] s'intéresse particulièrement aux systèmes d'aide à la conduite pour les poids lourds. En effet, ces derniers sont très enclins au manque de vigilance au vu du nombre de kilomètres qu'ils parcourent. **Volvo Trucks** a donc développé des systèmes d'assistance au conducteur qui améliore l'adhérence et évite les sorties de route. **Volvo** s'est aussi tourné vers un plus large public et a développé Driver Alert Control, un système qui détecte les conducteurs de poids léger fatigués et les avertit avant qu'ils ne s'endorment au volant. Le DAC a été le premier système de détection de fatigue développé par un constructeur automobile (Volvo) et est sur le marché depuis 2007. On retrouve aussi le LDW, Lane Departure Warning, qui alerte en cas de franchissement d'une ligne involontaire.

Comment ça marche ?

Le Driver Alert Control de Volvo ne s'attaque pas aux signes de fatigue physique du conducteur. Il surveille la progression de la voiture sur la route et vérifie si la conduite est contrôlée et cohérente. Le système se compose d'une caméra située entre le pare-brise et le rétroviseur intérieur, d'un certain nombre de capteurs et d'une unité de commande. Si l'unité de commande évalue le risque comme étant élevé, le système émet un signal sonore et un symbole de tasse de café apparaît sur l'affichage d'informations de la voiture entre les cadrans. Quant au Lane Departure Warning, il utilise la même caméra et mesure la distance entre les marquages de voie et la voiture, tandis que des capteurs surveillent les mouvements de cette dernière. Si la voiture franchit l'un des marquages routiers sans raison le système émet un doux son d'avertissement. Volvo estime que ces systèmes peuvent aider à prévenir 30 à 40% des accidents causés par un manque d'attention lié à l'hypovigilance.

ii. *Surveillance du conducteur*



Figure 5: Présentation du détecteur de sommeil de Lexus (lexusenthusiast.com)

Lexus est le précurseur en 2006 à analyser les signes de fatigue sur le conducteur à l'aide d'une caméra infrarouge au milieu du tableau de bord [11]. Ce système est appelé Driver Monitoring System [14] et s'associe avec la fonction Advanced Pre-Crash Safe $5,26 \cdot 10^{-10}$ ty. Le premier système cartographie la position des traits du visage et surveille alors la position de la tête du conducteur. Ainsi, si sa tête se voit détourner d'un angle de 15 degrés lorsque le véhicule roule et qu'un objet est détecté à

l'avant du véhicule, le système active une alarme sonore et freine légèrement. Si cela ne suffit pas, la fonction Advanced Pre-Crash Safety se prépare au freinage d'urgence et pré-tend les ceintures de sécurité. Un capteur de pré-collision arrière est également inclus. En cas de collision, un système de sécurité au niveau des appui-tête s'active afin d'amortir le choc

b) Les dispositifs ajoutés par le conducteur

Les dispositifs ajoutés à la voiture n'ont pas pour but d'empêcher l'endormissement au volant ni de maintenir le conducteur éveillé. L'objectif est d'avertir en cas de somnolence au volant, dès les premiers signes.

i. *La bague StopSleep*

Parmi les nombreux dispositifs que l'on trouve sur le marché la double bague StopSleep alerte le conducteur dès les premiers signes de fatigue grâce à ses huit capteurs en contact avec la peau.

Comment ça marche ?

Le dispositif StopSleep [13] se place entre deux doigts, si le conducteur présente des signes de somnolence la bague se met à vibrer. Elle détecte les signes de fatigue grâce à ses capteurs en contact direct avec la peau qui mesurent l'activité électrodermale (EDA). L'EDA est un courant électrique à la surface de la peau, de ce fait, elle est un bon indicateur neurovégétatif des activations cérébrales. Quand l'activité électrodermale diminue en dessous du seuil d'alerte, la bague se mettra à vibrer.

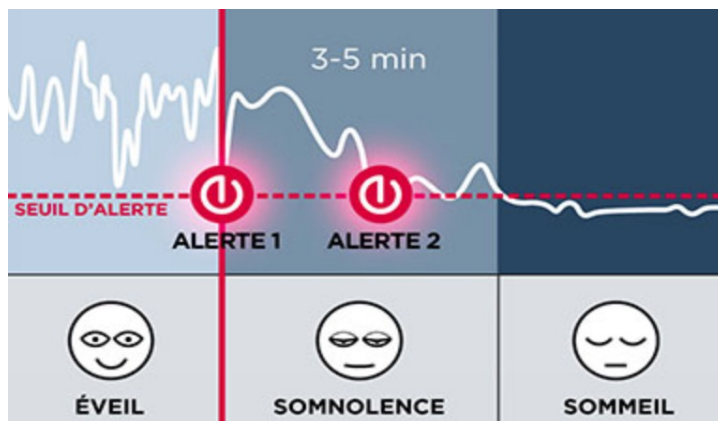


Figure 6: Explication des alertes de StopSleep
(<https://www.stopsleep.fr/information.produit.php>)

Il y a deux types d'alertes, la première étant une simple alerte pour attirer l'attention, la bague ne fait que vibrer. À ce moment-là, il y a seulement un pic dans l'EDA. Tandis que la deuxième alerte (vibration + mélodie forte) signifie un danger pour le conducteur, l'activité se stabilise au niveau du seuil d'alerte de la double bague StopSleep. Le dispositif a fait l'objet de plusieurs tests scientifiques. Les études démontrent que la majorité des personnes testées obtiennent des résultats satisfaisants. Toutefois, la bague sur certaines

personnes ne marche pas à 100%, des données physiologiques empêchent une bonne interprétation des mesures.

ii. *Le boîtier TOUCANGO*

TOUCANGO [12] a été développé par innov+, c'est un logiciel embarqué à partir d'un modèle de reconnaissance faciale des expressions du conducteur. La reconnaissance faciale employée dans ce boîtier utilise un modèle qui se focalise sur 68 points du visage dans chacune des 100

images par seconde analysées, afin d'en déduire les anomalies et changements dans le comportement du conducteur.



Figure 7: Analyse faciale du boîtier TOUCANGO (<https://toucango.com/fr/>)

Le dispositif est placé sur le tableau de bord et dispose d'une caméra filmante, dans le but d'analyser en temps réel l'état de vigilance du conducteur, entre autres la tenue de tête. Le boîtier TOUCANGO utilise un capteur optique NIR et permet de suivre le mouvement des yeux même avec des lunettes de vue ou de soleil, dans le but de percevoir un changement dans le rythme oculaire ou la dilatation des pupilles.

Le boîtier est connecté. Il permet ainsi de créer une communauté de conducteurs vigilants et de mettre les données de vigilance de Big Data au profit de la sécurité routière.

TOUCANGO est une intelligence artificielle qui s'appuie sur une plateforme de Big Data associée à des algorithmes, permettant de rendre les prédictions adaptées aux conditions de l'environnement du conducteur.

B. Les limites des dispositifs existants

Malheureusement, les dispositifs existants connaissent des limites. Si on prend l'exemple du Driver Alert Control de Volvo par exemple, on peut trouver sur leur site des articles expliquant les limites de leur système. Ils mettent tout d'abord en garde les conducteurs à effectuer toujours des pauses régulières, car le système pourrait ne pas détecter la fatigue du conducteur si ce dernier ne présente pas les signes contrôlés par le système. De plus, une personne disposant d'un système contre l'hypovigilance peut se laisser tenter à faire des choses qu'en temps normal elle ne ferait pas sous prétexte de l'utilisation de ce dispositif d'aide. On peut se croire plus en sécurité et donc plus libre, ce qui n'est pourtant pas le cas. Par exemple, une personne en possession d'un des dispositifs contre l'endormissement peut se laisser aller à réduire les pauses, c'est pourquoi Volvo prévient les conducteurs afin qu'ils fassent toujours attention. Seconde limite du système d'après Volvo est que le système peut émettre un avertissement sans que la concentration du conducteur en soit la cause. Effectivement, en cas de vents forts ou d'ornières sur la chaussée le dispositif peut être induit en erreur. De plus, si le système utilise les marquages aux sols pour se repérer, l'absence de ces derniers empêcherait le fonctionnement du système. Enfin, ils mettent aussi en garde aux limites des caméras, car les dispositifs utilisent des caméras qui elles aussi connaissent des limites. Volvo pour rester sur cet exemple met en garde sur les limites de ces caméras. Le brouillard, la neige, un fort contre-jour ou encore la nuit défavorisent la vision de la caméra tout comme l'œil humain. Ainsi le dispositif peut être momentanément interrompu. Puis, le prix et l'accessibilité font aussi partie des limites. En effet ces dispositifs peuvent coûter très chers ce qui les rend difficilement accessibles pour tous. Enfin, ce qui limite l'efficacité de ces systèmes d'aide reste tout de même la difficulté d'universaliser les mesures effectuées sur chacun. Tout le monde n'a pas les mêmes habitudes de conduite et la même fréquence de clignement de la paupière par exemple. Les industriels et les chercheurs ont donc du mal à trouver des prototypes qui marchent sur tous.

Nous allons ainsi voir dans la troisième partie les pistes et recherches sur de nouveaux systèmes pour contrôler l’hypovigilance.

III. LES PISTES EN COURS DE DEVELOPPEMENT

A partir de 2022, les systèmes de sécurité embarqués deviendront obligatoires dans les véhicules européens dont notamment la présence d’un avertissement lié à la somnolence et la distraction au volant.

De nombreux systèmes existants permettent de réduire le nombre de cas d’accidents de la route liés à la fatigue des conducteurs. Les recherches dans le domaine de la détection de l’hypovigilance restent cependant très actives afin de baisser le taux de mortalité au maximum. C’est pourquoi plusieurs entreprises, commerçants, universités et chercheurs s’entraident dans ce but. Nous développerons dans cette partie les systèmes et les prototypes en cours de développement.

A. Innovations

Projet HARKEN [3] [4]

Il y a plusieurs années, un consortium d’origines européennes diverses : Portugal, Espagne, Allemagne, Estonie, Angleterre, travaille sur un projet nommé HARKEN. Celui-ci est mené dans le but de proposer une solution aux problèmes d’hypovigilance du conducteur. Le système est constitué de trois éléments principaux : une ceinture de sécurité et un siège possédant des capteurs afin d’analyser l’activité cardiaque et respiratoire du conducteur puis d’un SPU (Signal Processing Unit) qui analyse les données en temps réel. Ainsi le système n’est pas intrusif, il ne prend pas une place supplémentaire dans la voiture et n’obstrue pas la vision. Le principe de détection est similaire à ceux évoqués dans la partie 1 et 2 de notre rapport. La spécificité ici est l’utilisation de matériaux connectés et sensibles. Le système analyse et sépare les artéfacts et vibrations indésirables du véhicule en mouvement afin de ne pas fausser les données envoyées au processeur. Il existe cependant des limites à ce projet promettant, les exigences quant aux matériaux utilisés par les industriels de l’automobile ne permettent pas pour l’instant d’avoir un système de détection de l’hypovigilance qui rentre entièrement dans les normes de sécurité imposées. L’intérêt serait donc de travailler avec les constructeurs automobiles afin de trouver la meilleure solution et intégrer le système dès le début de la construction de l’automobile. Le projet s’est terminé vers la fin de l’année 2014 et est pour l’instant resté un prototype.

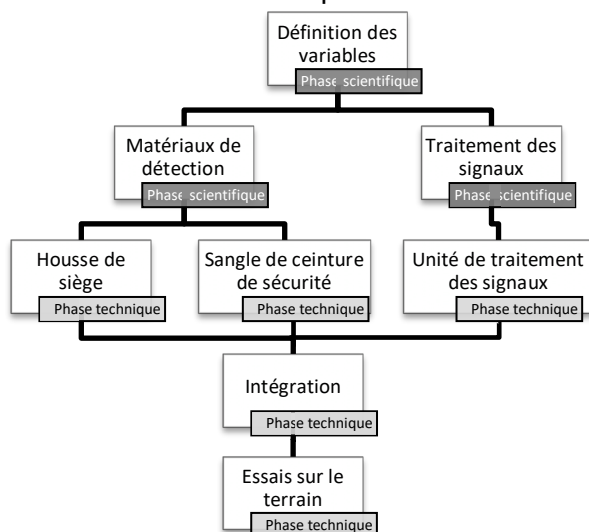


Figure 8: Présentation du projet HARKEN (<http://harken.ibv.org>)

Plusieurs systèmes assez similaires à ceux déjà existants sont aujourd'hui en cours de développement.

SEAT [16] s'associe à Eyesight Technologies pour développer un système d'intelligence artificielle capable de détecter le mouvement des yeux. Ils espèrent également arriver à détecter si le conducteur repère un piéton ou non et agir en conséquence.

La compagnie BOSCH [15] travaille sur un système similaire qui peut alerter les conducteurs, recommander une pause s'ils sont fatigués, et même réagir en réduisant la vitesse du véhicule. La forme de l'alerte - sonore, lumineuse, ralentissement ou encore volant vibrant - dépendra du constructeur et sera adaptée en fonction du conducteur.

D'autres sociétés font le pari d'un système basé sur le rythme cardiaque et la respiration grâce à des détecteurs placés dans le siège conducteur. C'est le cas de l'équipementier Faurecia qui a développé le "siège Active Wellness". Massages, air chaud ou encore rafraîchissement du siège sont les trois formes d'alerte de ce système qui devrait faire ses débuts cette année.

Un peu plus innovant, la startup VASTRA [17] est en cours de développement d'une housse de volant en matériaux intelligents, "TriSense" qui permet de récupérer les informations liées à la santé du conducteur, le placement de ses mains et son comportement au volant. L'alerte sera transmise via une application smartphone ou sur le tableau de bord.

B. Voiture autonome

L'évolution de l'automobile vers l'autonomie totale semble indéniable. En effet, les constructeurs ne cessent d'intégrer des systèmes d'aides à la conduite permettant au conducteur de se décharger de certaines tâches. Il faut d'abord prendre en compte les différents niveaux d'autonomie.

Le niveau 0 consiste en une voiture non autonome disposant seulement d'alertes et d'aide à la manœuvre.

Le niveau 1 permet la prise en charge d'une fonction par le véhicule tout en gardant le conducteur comme responsable de ce qu'il entreprend. (Exemples : régulateur de vitesse, avertissement de dépassement de ligne...)

Au niveau 2 le véhicule peut se déplacer de façon autonome avec la supervision du conducteur comme l'aide au stationnement.

Le niveau 3 permet de laisser la conduite au véhicule dans certaines conditions. Le conducteur peut donc avoir son attention sur autre chose.

Le niveau 4 permet d'atteindre l'autonomie complète et ainsi le conducteur devient passager.

Actuellement, les véhicules de niveaux 3 sont autorisés mais nous évoluons vers une autonomie générale et le niveau 4 pourrait donc être autorisé dans les années à venir.



Figure 9: Model 3 de la marque Tesla (https://www.tesla.com/fr_fr/model3)

Le constructeur Tesla est reconnu pour le grand niveau d'autonomie de ses voitures. Ainsi sur son dernier modèle Model 3 [6] on retrouve le système Autopilot [5] qui permet une certaine autonomie sur la route. Depuis avril 2019, le système en est à sa troisième génération. A l'aide de caméras à grande portée, et grand angle,

de capteurs ultrasons et de radar, le véhicule peut ainsi avoir une conduite autonome sur les autoroutes avec contrôle de l'accélérateur, du frein, de la direction et ainsi changer de voies. Depuis fin 2019, il peut avoir une conduite autonome dans les villes, reconnaître les feux tricolores, les panneaux de signalisations STOP, aide au stationnement et pour finir la voiture peut se piloter elle-même depuis une place de parking jusqu'au conducteur.

Malgré le nom trompeur Tesla affirme que ce genre de véhicule n'est cependant pas encore à 100% autonome, bien que ce soit l'objectif du constructeur. C'est ainsi que l'on peut recenser des cas d'accidents et collisions mortelles avec l'utilisation de modèles Tesla en mode Autopilot. On compte alors un accident pour 5,3 millions de km en mode Autopilot ce qui, bien que moins élevé qu'une conduite manuelle classique, ne permet pas de donner le titre de véhicule autonome à ce type de modèle. On peut donc affirmer qu'une autonomie du véhicule permettrait la réduction d'accidents liés à l'hypovigilance du conducteur en le déchargeant d'une attention constante et totale. Mais se pose alors la question de la responsabilité dans la situation d'un véhicule en totale autonomie avec seulement des passagers et non plus des conducteurs. Autonomiser les voitures serait une des réponses au problème de l'hypovigilance au volant.

C. Véhicules connectés

Une étape à franchir serait celle des voitures connectées qui analysent tout leur entourage : routes, signalisations, voitures, piétons. Ce type de voiture [7] qui communique avec son environnement a suivi une évolution progressive. En 2017, elle commence avec la V2V vehicle-to-vehicle. En 2018 vient l'arrivée du V2D vehicle-to-device et V2P vehicle-to-pedestrian. Ces véhicules connectés permettent une meilleure autonomie sur la route avec une meilleure analyse de celle-ci. En 2019, nous avons la V2H vehicle-to-home qui permet la connexion avec la maison [8]. Ces différentes fonctionnalités sont observables sur plusieurs véhicules actuels de plus en plus autonomes comme Tesla par exemple. On tend à évoluer vers les véhicules connectés à tout : V2X vehicle-to-everything. En effet ce type de transport permettrait une diminution des accidents. En effet une connexion globale sur la route entre véhicules et signalisations pourrait diminuer le risque d'accidents. Cela pourrait être donc le futur de nos voitures, le système ADAS poussé à son maximum.

RAPPORT D'ÉTONNEMENT

La crise sanitaire du COVID-19 ne nous a pas permis de visiter les véhicules connectés Autonomous Lab présents sur le campus du Madrillet ce qui aurait enrichi nos connaissances et notre projet. Cependant, nous avons tout de même beaucoup appris. Voici l'avis de chaque membre sur le projet, sa réalisation et ce qu'il a apporté à chacun.

Mona : Ce projet m'a beaucoup appris et m'a permis de voir les enjeux des dispositifs d'hypovigilance. J'ai pu, aussi, découvrir différents systèmes existants dont je n'avais pas conscience auparavant et comprendre les différentes méthodes pour analyser les signes d'hypovigilance. Enfin, je pense que travailler en groupe, nous aura permis à tous, d'apprendre à nos organiser ensemble, à synthétiser et expliquer nos recherches aux autres.

Eléa : Bien qu'au courant de certains dispositifs existants dans les véhicules pour contrer l'hypovigilance au volant, je n'avais idée de l'ampleur du sujet. Grâce à ce projet, j'ai beaucoup appris sur les techniques toujours plus innovantes afin de réduire les accidents de la route et rendre la conduite plus agréable. Ce sujet a un avenir prometteur et je pense que nous avons encore beaucoup de chemin à parcourir. Le travail de groupe nous est très bénéfique en tant que futurs ingénieurs et la situation exceptionnelle dans laquelle nous avons dû travailler n'a fait que renforcer notre travail d'équipe et notre communication.

Kenza : Tout d'abord, nous ne pouvons pas réfuter que la somnolence et la fatigue soient une des causes principales d'accidents sur la route. Grâce à ce projet, j'ai pu améliorer mes connaissances sur les différents dispositifs et les différentes technologies utilisés pour lutter contre cela. D'une autre part, j'ai pu me rendre compte de l'ampleur du progrès des méthodes pour détecter les signes de fatigue. La situation sanitaire exceptionnelle, nous a poussé à coopérer et communiquer d'avantages sur le sujet. Cette expérience a été très enrichissante sur le cadre personnel ainsi que sur le plan technique et méthodique.

Marc : Ce projet de groupe a été une grande découverte dans tous les aspects pour moi. Grâce à celui-ci, j'ai pu découvrir un peu plus le monde de l'automobile et plus précisément les recherches pour le futur de la voiture. L'analyse de l'hypovigilance est un enjeu important du monde automobile et il est important d'en avoir conscience. De plus, ce projet de groupe nous a obligé à nous organiser et à nous entendre sur l'avancement du projet, encore plus, compte tenu de la situation sanitaire. De plus en plus, on se rend compte que les travaux de groupes qui nous sont données ne sont qu'un entraînement à notre futur travail en tant qu'ingénieur et c'est grâce à celui-ci que je m'en suis rendu compte.

Lou : Ce projet m'a permis d'approfondir mes connaissances dans un domaine important lorsque l'on parle des transports, la sécurité routière visant à limiter les nombreux accidents sur la route dus à la somnolence au volant. Cela m'a également aidé à renforcer mes capacités de travail en groupe, notamment à distance, en raison des conditions exceptionnelles liées à la crise actuelle.

Juliette : La somnolence au volant étant une cause importante de la mortalité sur les routes aujourd'hui, il est indéniable que les systèmes permettant de la détecter et d'améliorer la conduite des usagers sont un enjeu très important. En l'occurrence, ce projet et les recherches menées m'ont permis d'en apprendre beaucoup sur les technologies qui existent dans le domaine automobile ainsi que sur les systèmes utilisés et toute sorte de prototypes, très peu démocratisés. Le travail de groupe, bien que plus difficile avec les conditions sanitaires actuelles, m'a permis, en tant que futur ingénieur, de pouvoir améliorer ma capacité à travailler en groupe et de communication.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce projet nous a permis à tous d'en apprendre davantage sur les causes et les conséquences de l'hypovigilance au volant, ainsi que sur les moyens mis en place pour pouvoir faire face à ce problème. Nous nous sommes donc intéressés de près aux technologies utilisées pour prévenir cet état sur la route avec les électroencéphalogrammes, les électro-oculogrammes ou encore l'analyse de clignements des yeux, révélateurs de fatigue. Bien comprendre comment ces principes fonctionnent, nous a permis d'en savoir plus sur les techniques mises en place sur le marché.

Nous nous sommes naturellement penchés sur les dispositifs existants et leurs limites. Nous avons pu remarquer que les systèmes intégrés, pour prévenir l'hypovigilance ; étaient, pour l'instant, le plus souvent installés sur les véhicules fonctionnels comme les poids lourd, transporteur de marchandise. Cependant, les constructeurs s'intéressent, de plus en plus aux poids légers, afin de toucher un public plus large. Ainsi, nous avons étudié les dispositifs intégrés ou ajoutés par le conducteur dans sa voiture, comme le Driver Alert Control ou la bague StopSleep.

Les recherches que nous avons faites pour ce projet, nous ont amenés à réfléchir sur le futur des voitures disposant de contrôles intégrés, utilisés alors pour prévenir les dangers causés par l'hypovigilance au volant. Des projets sont en cours pour continuer de mettre sur le marché des systèmes de plus en plus innovants, utiles et fiables. Le futur des véhicules autonomes et connectés est donc intéressant, car ceux-ci finiraient tout simplement par se passer de l'assistance du conducteur.

Les ADAS sont un moyen d'aider le conducteur afin de minimiser les éventuels accidents. Cependant, au vu de l'évolution du monde automobile, on peut facilement imaginer des voitures qui, plus tard, pourraient être conduites avec un conducteur endormi. Se pose alors la question de la responsabilité juridique en cas d'accidents, plus ou moins graves. Au-delà du caractère hyper fonctionnel de ces voitures, des problèmes techniques restent cependant inévitables, au même titre que des problèmes éthiques. Il est donc bon de continuer à regarder de près l'évolution des technologies dans le domaine de l'automobile pour savoir à quoi ressemblera notre futur sur les routes.

Le travail sur ce projet en groupe nous a demandé une bonne communication, d'autant plus avec la situation de confinement durant laquelle, nous avons dû continuer à mener à bien notre projet. Il fut donc primordial de nous répartir les tâches de façon optimale et de nous tenir au courant sur chaque avancée. Ainsi, nous avons pu mener à bien ce projet qui nous a beaucoup appris, autant sur la gestion de travail de groupe que sur le sujet, que nous avons trouvé fort intéressant.

BIBLIOGRAPHIE

Sites valides à la date du 4 juin 2020

- [1] Antoine Picot, « *Détection d'hypovigilance chez le conducteur par fusion d'informations physiologiques et vidéo* », Thèse de doctorat en Automatique et Production, sous la direction de Alice Caplier et Sylvie Charbonnier, Grenoble, Institut polytechnique de Grenoble, 2009, 179p (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00440959/document>)
- [2] Nawal Alioua, « *Extraction et analyse des caractéristiques faciales: application à l'hypovigilance chez le conducteur* », Thèse de doctorat en Sciences de l'ingénieur, Informatique et Télécommunication, sous la direction de de Driss Aboutajdine, en cotutelle entre l'Université Mohammed V et l'INSA de Rouen, 2015, 121p (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01161968/document>)
- [3] <https://www.mobihealthnews.com/35074/researchers-develop-smart-seatbelt-that-senses-heart-rate-to-combat-driver-fatigue>
- [4] <http://harken.ibv.org>
- [5] <https://www.automobile-propre.com/dossiers/autopilot-de-tesla/>
- [6] https://www.tesla.com/fr_fr/model3
- [7] <https://waymo.com/tech/>
- [8] <http://mahbubulalam.com/what-is-vehicle-to-everything-and-how-will-it-help/>
- [9] <https://www.volvocars.com/fr/support/manuals/xc40-twin-engine/2020/assistance-a-la-conduite/driver-alert-control/driver-alert-control>
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Fatigue_detection_software
- [11] <https://lexusenthusiast.com/2007/09/08/a-look-at-the-lexus-ls-600hls-driver-monitoring-system/>
- [12] <https://toucango.com/fr/>
- [13] <https://www.stopsleep.fr/information.produit.php>
- [14] <https://www.lesnumeriques.com/voiture/technologie-pour-combattre-somnolence-volant-a3567.html>
- [15] <https://edition.cnn.com/2019/12/27/business/technology-detects-drowsy-drivers/index.html>
- [16] <https://technology.inquirer.net/97072/in-development-seat-tech-can-detect-if-driver-falls-asleep>
- [17] <https://www.insideindianabusiness.com/story/41324437/purdue-startup-seeks-to-fight-drowsy-driving>

