

Détection de la somnolence au volant

Avant de concevoir des voitures autonomes, nous aurions dû étudier des voitures « semi-autonomes » capables de prendre le contrôle sur de petites distances et lors de grands dangers comme l'endormissement du conducteur. Cela aurait permis une meilleure utilisation de cette technologie pour éviter l'excès de confiance en la voiture.

Dans le monde entier, chaque année, de nombreuses personnes décèdent suite à des accidents de la route, pour certains dus à la somnolence des conducteurs. Ce fléau est sujet de multiples campagnes de prévention et réduire le nombre de décès est un enjeu sociétal.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Capteur cardiaque</i>	<i>Heart sensor</i>
<i>Fréquence cardiaque</i>	<i>Heart rate</i>
<i>(Œil ouvert ou fermé</i>	<i>Open and closed eye</i>
<i>Prédiction par réseau de neurones</i>	<i>Prediction by neural network</i>
<i>Filtrage</i>	<i>Filtrating</i>

Bibliographie commentée

D'après l'Organisation de coopération et de développement économiques [1], durant l'année 2019, 3244 personnes sont décédées en France à cause d'accidents de la route. Lors de l'année 2011 il y avait 3963 décès recensés en France selon l'OCDE et, d'après le web-documentaire « Quand le sommeil tue » créé par la MAAF Prévention et Sécurité avec la Fondation VINCI Autoroute [2], 37 % des décès survenus sur les autoroutes françaises, cette année là, étaient dus à la somnolence au volant. Ainsi, le sujet de la somnolence au volant est un des enjeux primordiaux pour notre société.

Afin de réduire ce nombre de décès, il est possible pour certaines voitures de s'arrêter sans l'intervention du conducteur. Par exemple, d'après un article de presse de Daily Mail [3], un automobiliste norvégien endormi a été sauvé grâce à l'autopilote de sa Tesla Model S qui s'est stoppée seule. Néanmoins, ce genre de comportement ne devrait pas arriver car même le constructeur, ici Tesla, indique sur son site internet [4] que « Current Autopilot features require active driver supervision and do not make the vehicle autonomous », c'est-à-dire que l'automobiliste ne doit jamais déporter son attention de la route. La détection de la somnolence a eu lieu grâce à une cessation de contact avec le volant.

On peut alors imaginer d'autres méthodes pour détecter cette somnolence au volant. La détection peut se réaliser en se focalisant sur la trajectoire de la voiture par rapport à la route une

fois la route détectée en utilisant le point de fuite [5] ou en se focalisant sur le conducteur.

La seconde option peut s'effectuer grâce à un capteur cardiaque de type électrocardiogramme et une caméra centrée sur le visage du chauffeur. En effet, d'après un article sur le site de Harvard Medical School [6], la fréquence cardiaque lors du sommeil profond diminue de 20 à 30 % par rapport à la fréquence cardiaque au repos. Cette valeur de la baisse, bien qu'elle existe, doit cependant être relativisée puisque le scientifique Virend K. Somers a quant à lui observé en 1993, sur 8 personnes uniquement, une baisse de 64 battements par minute pendant l'éveil jusqu'à 59 battements par minute dans le stade 4 du sommeil (qui est la phase la plus profonde) soit seulement une baisse de 8% [7]. En utilisant une fréquence au repos de référence propre à chaque conducteur, il serait alors possible de repérer le moment de l'endormissement grâce à une structure de réseau de neurones comme l'a fait Yasue Mitsukura [8], et ainsi la voiture pourra réagir au plus vite.

La deuxième méthode, avec la caméra, se base sur la prédiction du caractère ouvert ou fermé des yeux du conducteur. Il est alors envisageable d'utiliser des caractéristiques pseudo-Haar pour détecter le visage, en extraire un œil et analyser ses bords pour savoir si l'œil est ouvert ou fermé en utilisant PERCLOS [9]. On peut également utiliser une structure de réseau de neurones qui prend en entrée une image de l'œil de l'automobiliste obtenue grâce à l'algorithme de Viola-Jones [10]. S'il a les yeux fermés sur plusieurs images, ce qui correspond à des yeux fermés pendant un certain laps de temps on pourra alors considérer qu'il est endormi.

Problématique retenue

Comment détecter la somnolence au volant, en se focalisant sur le conducteur, pour en avertir la voiture ?

Objectifs du TIPE

- Acquérir une tension image des pulsations cardiaques pour en extraire la fréquence cardiaque
- Créer une base de données avec des images de yeux ouverts et fermés
- Entraîner des réseaux de neurones afin de prédire la classe (œil ouvert ou fermé) de chaque image d'une nouvelle base de données pour en évaluer leur efficacité
- Etablir la corrélation entre le nombre de couches vestimentaires et la précision de la mesure de fréquence cardiaque
- Utiliser la meilleure structure de réseau de neurones avec une webcam pour prédire en temps réel si les yeux du conducteur sont ouverts ou fermés

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] OECD : Road accidents : <https://data.oecd.org/transport/road-accidents.htm> (dernière consultation en octobre 2021)
- [2] MAAF : Somnolence au volant : quand le sommeil tue : <https://www.maafr.fr/assurance-auto/somnolence-au-volant-sommeil-tue> (dernière consultation en janvier 2022)
- [3] DAILY MAIL : Moment Tesla autopilot brings Model S to a stop by itself after 'drunk driver' fell asleep at the wheel in Norway : <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-9853489/Tesla->

autopilot-brings-Model-S-stop-drunk-driver-fell-asleep-wheel.html (dernière consultation en février 2022)

[4] TESLA : Autopilot : <https://www.tesla.com/autopilot> (dernière consultation en novembre 2021)

[5] BRUNO RICAUD, BOGDAN STANCIULESCU, AMAURY BREHERET : General Road Detection Algorithm, a Computational Improvement : DOI : 10.5220/0004935208250830

[6] JULIE CORLISS : How does sleep affect your heart rate? : <https://www.health.harvard.edu/blog/how-does-sleep-affect-your-heart-rate-2021012921846> (dernière consultation en novembre 2021)

[7] VIREND K. SOMERS, MARK E. DYKEN, ALLYN L. MARK, FRANÇOIS M. ABBOUD : Sympathetic-Nerve Activity during Sleep in Normal Subjects : DOI: 10.1056/NEJM199302043280502

[8] YASUE MITSUKURA, KOICHI FUKUNAGA, MASATO YASUI, MASARU MIMURA : Sleep stage detection using only heart rate : DOI: 10.1177/1460458219827349

[9] N. KAMARUDIN, N. JUMADI, NG LI MUN, NG CHUN KEAT, AUDREY HUONG KAH CHING, W. M. H. W. MAHMUD, M. MORSIN, F. MAHMUD : Implementation of Haar Cascade Classifier and Eye Aspect Ratio for Driver Drowsiness Detection Using Raspberry Pi : DOI: 10.13189/ujeee.2019.061609

[10] VENKATA RAMI REDDY CHIRRA, SRINIVASULU REDDY UYYALA, VENKATA KRISHNA KISHORE KOLLI : Deep CNN: A Machine Learning Approach for Driver Drowsiness Detection Based on Eye State : DOI: <https://doi.org/10.18280/ria.330609>

DOT

[1] [Septembre 2021] Documentation sur la baisse de la fréquence cardiaque, sur le nombre de décès sur les routes et recherche d'une base de données d'images avec des yeux fermés et des yeux ouverts en effectuant un tri dans cette base de données pour obtenir 24000 images en tout.

[2] [Octobre 2021] Début des échanges avec l'entreprise Polar à travers leur SAV pour discuter de la possibilité d'avoir un capteur de type électrocardiogramme comme le Polar H10.

[3] [Novembre 2021] Étude théorique d'un filtre passe-bas d'ordre 2 avec détermination de l'expression de RC pour une fréquence de coupure f et discrétisation de l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du dernier condensateur du fait de l'échantillonnage induit par le capteur.

[4] [Décembre 2021] Demande d'expérience avec un capteur piézoélectrique KPE-827 pour plusieurs couches vestimentaires. Acquisition des courbes et application du filtre passe-bas sur les valeurs mesurées sur Latis-Pro pour tracer la courbe de la tension filtrée et en faire l'analyse de Fourier.

[5] [Décembre 2021] Échec de l'entraînement des réseaux de neurones car la fonction d'erreur est inadaptée puis, après changement, entraînement des 600 réseaux avec test sur 1000 images hors des 24000 pour évaluer l'efficacité de chaque réseau. Détermination du meilleur réseau de neurones et test avec ma webcam.

[6] [Janvier 2022] Après une dizaine de mails échangés, l'entreprise Polar a accepté de m'envoyer un Polar H10 mais, dans l'incertitude du délai de livraison, j'ai effectué de nouvelles acquisitions avec le capteur piézoélectrique.

- [7]** *[Janvier 2022] Arrivée du capteur Polar H10 puis acquisition de courbes grâce à l'application ECG Logger. Le temps ne se présentait malheureusement pas en secondes mais, après des recherches, j'ai découvert qu'il s'agissait du code UNIX Timestamp que j'ai pu convertir en secondes.*
- [8]** *[Avril 2022] Création d'une base de données avec des images de mon visage entier pour palier le problème de localisation des yeux sur un visage. Echec de la phase d'entraînement du fait de l'homogénéité des images mais la méthode est applicable avec de meilleures images.*