



La fatigue : est-elle détectable par les traits du visage ?

Etude exploratoire

Etudiante

Alexandra Budowski

Tuteur

PD Dr Raphaël Heinzer

Centre d'investigation et de recherche sur le sommeil, CHUV

Co-tuteur

Dr José Haba Rubio

Centre d'investigation et de recherche sur le sommeil, CHUV

Expert

PD Dr Andrea Rossetti

Service de Neurologie, CHUV

Lausanne, Janvier 2016

Table des matières

1. Introduction	3
2. Revue de la littérature	4
3. Plan de recherché	10
3.1. Partie 1 : Collecte des données	10
3.2. Partie 2 : Evaluation des photos.....	12
3.3. Partie 3 : Analyse	13
4. Résultats	13
4.1. Informations concernant l'étude et tableau récapitulatif.....	14
4.1.1. Utilisation des photos.....	14
4.1.2. Durée de sommeil et privation.....	14
4.1.3. Score de Pittsburgh	14
4.1.4. Tableau récapitulatif des résultats	15
4.2. Taux de reconnaissance de la fatigue en fonction des sujets	18
4.2.1. Taux de reconnaissance de la fatigue	18
4.2.2. Taux de reconnaissance de la fatigue en fonction de l'expression du visage.....	18
4.3. Taux de reconnaissance en fonction des caractéristiques des juges	20
4.3.1. Sexe des juges	21
4.3.2. Âge des juges	22
4.3.3. Profession des juges.....	22
4.4. Evaluation objective et subjective de la fatigue après privation de sommeil	22
4.4.1. Evaluation objective de la fatigue : temps de réaction, nombre de lapses et nombre d'erreurs au PVT.....	22
4.4.2. Evaluation subjective de la fatigue : questionnaire de Karolinska, 3 EVA et questionnaire de fatigue de 14 items.....	22
4.5. Différence entre les sujets correctement identifiés comme fatigués et ceux qui ont été méconnus.....	23
4.6. Analyse des traits du visage ayant permis aux juges de faire leur choix	24
5. Discussion et conclusion	24
5.1. Discussion.....	24
5.2. Limitations de l'étude	26
5.3. Conclusion	27
Remerciments	27
Bibliographie	28

1. Introduction

Le sommeil occupe un tiers de notre vie, mais n'a été, jusqu'à maintenant, que très peu étudié. En effet, dans les spécialisations médicales suisses, il n'existe pas de FMH dans ce domaine.

Dans notre société, nous dormons moins qu'auparavant. En effet, au cours des cinquante dernières années, la moyenne de sommeil par nuit a diminué de 1.5 - 2h [1]. Il n'est donc pas rare que des personnes aient « l'air fatiguées ». Mais, comment pouvons-nous juger qu'elles le sont ou non ? Qu'est-ce qui nous permet de remarquer qu'une personne est, ou non, fatiguée ? Y a-t-il des aspects physiologiques qui permettraient de déterminer la fatigue d'un individu ?

Il est connu qu'être fatigué peut s'avérer dangereux pour soi-même et pour les autres. En effet, d'une part le manque de sommeil a des effets neurocognitifs, dont la diminution de l'attention, de la mémoire et une modification de l'humeur. Williamson et al. (2000) ont démontré qu'une période d'éveil de 17 à 19 heures consécutives, diminuait les performances de la même façon que pour une personne ayant un taux d'alcoolémie d'au moins 0.5 ‰[2]. D'autre part, des modifications au niveau des heures de sommeil ont une incidence sur les systèmes cardiovasculaire et endocrinien. Ainsi, ce serait un facteur de risque d'hypertension artérielle, du syndrome métabolique et du diabète sucré.

Alors que les risques de l'alcool au volant sont bien connus (loi fédérale de 2005 qui tolère 0.5 grammes pour mille lors de la conduite[3]), ceux du manque de sommeil le sont beaucoup moins. Il n'y a, en effet, aucun contrôle sur l'état de fatigue lors de la conduite. Pour le quantifier et dans le but d'augmenter la sécurité des conducteurs, des recherches ont été faites, dans ce domaine. Par exemple, en 2013, les chercheurs du centre d'investigations neurocognitives et neurophysiologiques de l'Université de Strasbourg, ont mis au point une application pour Smartphone qui permet de déterminer le niveau de somnolence, se basant sur un test de réactivité. Si le temps de réactivité est augmenté, l'application conseille à l'utilisateur d'effectuer une sieste de 20 minutes avant de prendre la route[4].

Il est également connu que le visage d'une personne est une grande source d'informations. Willis et al. (2006) ont démontré qu'il suffit de visionner un visage pendant 100 millisecondes pour se faire un avis sur différents paramètres tels que l'attractivité, la confiance et la compétence [5]. Dès lors, serait-il possible d'évaluer de la même façon le niveau de fatigue d'une personne ?

L'hypothèse de travail de cette étude est de voir, si l'œil humain est capable de différencier l'état fatigué de l'état reposé d'une même personne sur la base d'une photo.

Par ailleurs, il s'agira de déterminer quels traits du visage se modifient ou sont perçus différemment après une nuit de privation de sommeil.

Si notre hypothèse s'avère juste, il serait envisageable de développer des systèmes de sécurité dans des voitures intelligentes qui pourraient reconnaître la fatigue sur le visage du conducteur et lui envoyer un signal d'alarme lorsqu'il est considéré comme étant trop fatigué, ce qui aurait comme but de diminuer les accidents de la route.

2. Revue de la littérature

Des études, dont celles de Van Dongen et al. (2003)[6] et de Herrmann et al. (2010)[7], ont mis en évidence que l'être humain a beaucoup de difficultés à identifier son état d'hypovigilance. Par conséquent, sa conduite automobile est alors à risque. Des études se sont donc intéressées à créer un dispositif détectant la somnolence afin de diminuer les accidents de la route. Abe et al. (2015)[8] ont montré que PERCLOS « percentage of eye closure over time, excluding the time spent on normal closure » serait le paramètre le plus représentatif d'une diminution de la vigilance. Il en résulte qu'un score de PERCLOS restant inférieur à 11.5%, permettrait d'éviter des accidents routiers dû à la somnolence. En 2008 Schleicher et al. avaient démontré que la durée du clignement des yeux était le paramètre le plus représentatif. Ji et al. (2002)[9] ont analysé la durée de fermeture des yeux et ont pu identifier qu'elle varie de 0.17 secondes lorsque la personne est éveillée à 1.68 secondes lorsque la personne est somnolente. D'autres paramètres modifiés par la fatigue sont le délai de réouverture des yeux, la vitesse de fermeture des paupières, l'intervalle de clignement des yeux, la direction du regard ou encore le mouvement de la tête.

Ces études, précédemment mentionnées, se sont intéressées à des paramètres associés au mouvement. Parmi les études ayant déterminé des paramètres statiques citons notamment celles de Chervin et al. (2013)[10], Stundelin et al. (2013)[11] et Axelsson et al. (2010)[12].

Stundelin et al. ont démontré des modifications de l'apparence du visage après privation de sommeil. Les modifications les plus marquantes sont une ptose palpébrale, ainsi que le fait que l'individu était perçu comme étant plus triste. D'autres modifications identifiées sont la couleur plus pâle de la peau, des cernes plus marquées, des yeux plus gonflés, davantage de rides, les coins de la bouche plus tombants ou encore des yeux plus rouges.

Une autre étude, celle de Chervin et al., a identifié des modifications engendrées par le traitement des apnées du sommeil. Ils ont démontré que les patients ont l'air plus vigilants, plus jeunes et plus attractifs après deux mois ou plus de traitement par CPAP.

Ils ont également identifiés des modifications objectives, telles que des changements au niveau de la couleur infra-orbitaire et de celle des joues ainsi qu'une modification au niveau du volume du front.

Des brevets ont également été établis pour déterminer la somnolence au volant d'une voiture. Par exemple celui de Clarke et al. (1997) analyse des caractéristiques primaires associées à la somnolence. Quand les seuils prédéterminés de l'ouverture des yeux et de la température du souffle sont dépassés, une alarme s'active pour alerter le conducteur.

Les différentes études qui se sont intéressées aux effets dynamiques ou statiques de la fatigue sur le visage sont résumées dans le tableau ci-dessous. Aucune d'entre elles n'a toutefois répondu à la question fondamentale à savoir s'il est possible ou non de détecter une personne fatiguée, à l'œil nu, sur la base des traits de son visage.

Tableau 1. Revue de littérature

Author	Journal	Title	Subjects (S) and Observers (O)	Results	Method	Limitations
Chervin et al. (2013)[10]	Journal of Clinical Sleep Medicine	The Face of Sleepiness: Improvement in Appearance after Treatment of Sleep Apnea	- S: 20 (6W + 14M) with obstructive sleep apnea. Mean age: 45 ± 11 - O: 22 (11W + 11M). 10 lay observers and 12 observers of the medical community (domains of sleep and plastic surgery).	After treatment <u>Subjective changes</u> More alert, youthful and attractive <u>Objective changes</u> Changes in infra-orbital and cheek color and forehead volume.	Picture taken of subjects before and ≥ 2 months after good use of CPAP.	- Modest sample - Not randomized controlled trial - Possible role of facial expression - Luminosity may have changed - Effect of new activities (sports, loss of weight)
Stundelin et al. (2013)[11]	SLEEP	Cues of fatigue: Effects of Sleep Deprivation on Facial Appearance	• S: 10 (5W + 5M) • O: 40 (20W + 20M)	After sleep deprivation: The subjects were perceived as having more hanging eye lids (7/10), redder eyes (4/10), more swollen eyes (6/10), darker circles under the eyes (6/10), paler skin (6/10), more wrinkles/fine lines (6/10) and more droopy corners around the mouth (6/10) ». Perceived as sadder (7/10).	2 pictures taken of each subject. One after 8 hours of sleep, the other after 5 hours of sleep followed by 31 hours of sleep deprivation. The pictures were rated with respect to 10 facial cues, fatigue and sadness. The cues were determined by 50 students and 10 sleep researchers, who listed parameters they thought would be affected by sleep deprivation.	Only Caucasian subjects and raters.
Axelsson et al. (2010)[12]	British Medical Journal	Beauty sleep: experimental study on the perceived health and attractiveness of sleep deprived people	S: 23 (11W + 12M), Mean age 23 years old (18-31) O: 65, mean age 30 years old(18-61)	After sleep deprivation: The subjects were perceived as being less attractive, less healthy and more tired .	2 pictures taken of each subject. One after minimum 8 hours of sleep, the other one after 5 hours of sleep followed by 31 hours of sleep deprivation. The observers then rated on a visual analogue scale of 100mm the pictures in respect to attractiveness (unattractive to attractive), health (sick to healthy) and tiredness (not tired to tired).	

Author	Journal	Title	Subjects (S) and Observers (O)	Results	Method	Limitations
Schleicher et al. (2008)[13]	Ergonomics	Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired?	S: 129 (62W + 76M), mean age 33.4 ± 11.5	<p>Sleepiness determined by:</p> <ul style="list-style-type: none"> - almost linear decrease in subjective alertness ratings - almost linear increase of video-rated drowsiness. <p>Blink duration: most important indicator for subjective and objective sleepiness. Other sensitive variables are: delay of lid reopening, lid closure speed and blink interval.</p> <p>In most subjects, microsleeps were observed (lid closure > 500 msec). 87% of these microsleep events happened during the lowest subjective alertness states. This was similar to most driving errors -> subjective alertness: reliable parameter for driver aptitude.</p>	Subjects equipped with electrodes and video-recorded drive a monotone simulator for 2 hours. Subjective and video-recorded measures were made.	
Clarke et al. (1997)[14]		Sleep Detection and Driver Alert Apparatus		<p>Decrease of head movements and decrease in ambient breath temperature provoked by sleepiness activates the infrared camera to zoom on the eyes of the driver and determine the change in eye opening.</p> <p>When the eye opening diminished to ≥ 60% and the breath temperature decreased by 10% the alarm is activated to alert the driver.</p>	An apparatus equipped with an « infrared auto-focusing digital image stabilizing lens with zoom capability and an infrared thermal sensor ».	

Author	Journal	Title	Subjects (S) and Observers (O)	Results	Method	Limitations
Ji et al. (2002)[9]	Real-Time Imaging	Real-Time Eye, Gaze, and Face Pose Tracking for Monitoring Driver Vigilance		<p>Average eye closure speed (AECS) of an alert subject is < 0.5sec. Eye closure of alert subject: 0.17sec versus drowsy subject: 1.68sec. PERCLOS « percentage of eye closure over time, excluding the time spent on normal closure » in alert subject: < 30%. Fatigue when >40%. Head movements: tilts and changes from the frontal position for a certain time indicate fatigue and inattentiveness. Gaze: Normal vigilant driver: gaze straight, sleepiness: gaze downwards, inattentiveness: gaze left and right.</p>	<p>Combination of multiple facial cues, who have been identified and used separately, to determine driver's fatigue.</p> <p>Image acquisition by video.</p> <p>Pupil detection to determine eyelid movement, gaze and face orientation.</p>	
Abe et al. [8]	International Journal of Psychophysiology	Detecting deteriorated vigilance using percentage of eyelid closure time during behavioral maintenance of wakefulness tests	S: 9 (2W + 7M) mean age 23.4 ± 3.9 years (19–30)	<p>PERCLOS was the most accurate measure for determining hypovigilance. Very few missed responses occurred when PERCLOS was < 11.5% per minute. As the missed responses increased, there was a increase in the percentage of PERCLOS and slow eye movement, a decrease of blink frequency and pupil diameter.</p>	OSLER test was performed each time at 10a.m. an 2p.m. after a week of normal sleep and after a night of partial sleep restriction (4hours of sleep). The division of the OSLER test in 1min periods enabled the determination of ocular parameters as the PERCOS, blink frequency, eye movements and pupil diameter.	

Author	Journal	Title	Subjects (S) and Observers (O)	Results	Method	Limitations
Van Dongen et al.[6]	SLEEP	The Cumulative Cost of Additional Wakefulness: Dose-Response Effects on Neurobehavioral Functions and Sleep Physiology From Chronic Sleep Restriction and Total Sleep Deprivation	S: 48 (6W + 42M) age 21–38	<p>Subjective sleepiness determined by Stanford Sleepiness Scale: Change of a unit on the scale for the 6h and 4h groups, 2 unit changes for the total sleep deprived group.</p> <p>Cognitive impairment (determined by PVT performance lapses, working memory performance and cognitive throughout performance) of 1-2 days of total sleep deprivation were similar to those after 14 days of chronic sleep restriction (4h and 6h).</p>	<p>Sleep restriction: 2 baseline nights with 8h sleep followed by 14 nights with 8, 6 or 4 hours of sleep. Sleeping groups were random.</p> <p>Total sleep deprivation: 2 baseline nights with 8h sleep followed by 88h of wakefulness.</p> <p>Exams: PVT, « computerized digit symbol substitution task », « addition/subtraction task », Karolinska and Stanford sleepiness scale (SSS) were performed</p> <ul style="list-style-type: none"> - every 2 hours during wakefulness for the sleep restriction group - every 2 hours during the 88 	
Herrmann et al. (2010)[7]	Sleep Medicine	Sleepiness is not always perceived before falling asleep in healthy, sleep-deprived subjects	S: 28 young healthy subjects (13W + 15M)	<p>Subjects subjective perception of sleep (SPS) was often delayed, and subjects fell asleep without signaling their sleepiness.</p> <p>“This late, rather than appropriate, SPS was seen in 37.5% of all trials when defined as the absence of signaling before any sleep fragment lasting longer than 3 s. The risk of late SPS was highest in subjects who suffered the greatest daytime sleepiness from sleep deprivation.” This result is not a paradox, as the condition sleepiness impairs perception and evaluation of sleepiness.</p> <p>“The importance of the results are that late or no perception of sleepiness have been considered “reckless behavior” in case of accidents and punished accordingly”.</p>	<p>Subjects underwent a night of sleep deprivation followed by four Maintenance of Wakefulness Test (MWT) trials. These were performed every 2 hours and lasted 40 minutes.</p> <p>The trial ended if one of two conditions were accomplished. Either “three consecutive epochs of stage 1 sleep, or after 40 min of uninterrupted wakefulness.”</p> <p>During the trials subjects were “recorded on a computerized recording system, electro-oculography, submental and nuchal EMG, ECG, and nasal respiratory flow monitoring. A video focused on the face was recorded simultaneously.”</p> <p>Subjects were told to press a button once they began to feel sleepy.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - young subjects - small number of subjects - healthy subjects

3. Plan de recherche

Pour répondre à la question de recherche, nous avons établi le plan de recherche en trois parties. La première partie correspond à l'élaboration de l'étude et à la collecte des données. La deuxième partie correspond au choix des juges (les observateurs des photos) et à l'évaluation des photos par ces derniers. La troisième et dernière partie correspond à l'analyse des données obtenues avec les deux précédentes parties.

3.1. Partie 1 : Collecte des données

Plan de l'étude

Cette étude s'est déroulée sur 6 jours. Le tableau 2 résume les événements par jour (J1), les sujets se sont rendus au Centre d'investigation et de recherche sur le sommeil (CIRS) au Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), à Lausanne. Lors de cette séance les critères d'inclusion et d'exclusion ont été vérifiés, les participants ont signé le formulaire de consentement et ont répondu aux questionnaires de qualité du sommeil de Pittsburgh. Afin de se familiariser avec les tests et évènements de l'étude, les sujets ont effectué la version française du Psychomotor Vigilance Task (PVT). Ils ont également reçu l'actimètre qui sera directement porté autour de leur poignet, place à laquelle ils l'ont gardé tout au long de l'étude.

Les sujets ont ensuite passé quatre nuits chez eux où ils ont dormi au minimum 7 heures par nuit sous contrôle actimétrique.

Les sujets se sont rendus une deuxième fois au CIRS à J5, ce qui correspond au vendredi matin, et ils ont rempli le questionnaire de Karolinska, l'échelle de fatigue de Karolinska ainsi que les échelles visuelles analogues (EVA) évaluant leur fatigue, leur vigilance et leur somnolence. Leur réactivité a également été testée avec le PVT et un test de reconnaissance de visages (les sujets ne devaient pas être maquillés) a été prise avec visage neutre et avec visage souriant.

Le vendredi soir, les sujets sont revenus au CIRS pour y passer la nuit de sommeil. A leur arrivée, les mêmes examens ont été effectués et les questionnaires ont été remplis. Pendant la nuit, environ toutes les deux heures les participants ont rempli le questionnaire de Karolinska et effectué le test de reconnaissance de visages (PVT).

Au jour 6 (J6), c'est-à-dire le samedi matin, les mêmes examens et questionnaires ont été effectués, puis les sujets sont rentrés avec, comme consigne, de ne pas effectuer des activités à risques avant d'avoir récupéré leur sommeil.

Tableau 2. Examens et questionnaires effectués au cours de l'étude.

	J1 lundi matin	J5 vendredi matin	nuît J5-J6	J6 samedi matin
Photo		Photo avant		Photo après
PVT	Test	Première valeur	Environ toutes les 2 heures	Dernière valeur
Questionnaires				
Pittsburgh	Seule fois			
Karolinska		Première fois	Environ toutes les 2 heures	Dernière fois
Echelle de fatigue		Première fois	1x à leur arrivée	Dernière fois
EVA		Première fois	1x à leur arrivée	Dernière fois

Sélection des sujets

Le recrutement des sujets a été fait de façon personnelle dans l'entourage proche des investigateurs. Les critères d'inclusion et d'exclusion appliqués ont été les suivants :

Critères d'inclusion :

- Bonne santé générale
- BMI 18.5-25 kg/m²
- Âge 18- 40 ans
- Rythmes veille-sommeil réguliers
- Durée moyenne habituelle de sommeil de plus de 7h
- Absence de prise de médicaments pouvant influencer le sommeil ou l'éveil (somnifères, antidépresseurs, antihistaminiques, etc.)

Critères d'exclusion :

- Antécédents de troubles du sommeil
- Travail de nuit, travail posté
- Pour les femmes : grossesse en cours ou désirée

Les sujets ont ensuite signé un formulaire de consentement.

Les deux sujets, dont les photos sont présentées dans ce travail, ont donné leur accord.

Instruments utilisés :

Actimètre [15]: Capteur de mouvements que les participants ont porté à leur poignet de manière continue du lundi (J1) au samedi matin (J6). Cet outil mesure les mouvements du sujet et permet ainsi de déterminer les périodes d'éveil et de sommeil tout au long de l'étude.

Psychomotor Vigilance Task (PVT) [16]: Test d'une durée de dix minutes qui mesure la réactivité des sujets. Il s'agit d'un petit boîtier sur lequel des chiffres rouges défilent en millisecondes, avec un délai aléatoire variant entre deux et dix secondes. Le participant appuie sur le bouton dès qu'il voit apparaître les chiffres.

Photographies digitales standardisées :

Les photos ont été prises dans le département d'anesthésie au CHUV (BH07) dans une « cabine photo ». L'appareil était une caméra numérique à haute résolution Kinect (Microsoft™)[17].

Questionnaires :

- Questionnaire de l'index de la qualité du sommeil de Pittsburgh [18] : Il permet d'évaluer la qualité de sommeil. Il s'agit de questions sur l'habitude du sommeil au cours du dernier mois. Le score total allant de 0-21. Un score supérieur à 5 indique une qualité de sommeil moyenne ou pauvre.
- Questionnaire de Karolinska [19] : Il détermine la fatigue subjective d'un individu sur une échelle de 1 à 9. Il s'agit de choisir l'ensemble de mots qui correspond le plus à l'état de fatigue ressenti, allant de « très éveillé » (1) à « très somnolant, luttant contre la fatigue » (9).
- Echelle de fatigue [20] : Elle permet de calculer le niveau de fatigue physique et psychique après avoir répondu à 14 questions par « oui » ou « non ».
- Echelle visuelle analogue (EVA): Il s'agit de 3 échelles déterminant la somnolence, la fatigue et le mal-être de 100 millimètres de long avec « 0 » et « 10 » noté aux deux extrémités.
- Reconnaissance de privation de sommeil: Il s'agit d'un sondage en ligne, grâce au logiciel SurveyMonkey, où les juges ont choisi soit « A » ou « B » pour chaque paire de photos. Il leur était demandé d'indiquer laquelle des deux photos a été prise après une nuit blanche. Lors de la dernière question, ils ont mentionné quels indices leur ont permis de distinguer les deux photos.

3.2. Partie 2 : Evaluation des photos

L'ensemble des photos a été standardisé pour ne faire apparaître que le visage. La chevelure, les habits ou d'autres indices qui auraient pu donner des indications sur le moment où la photo a été prise ont donc été coupés.

Chaque sujet a été photographié quatre fois. Deux photos ont été prises avant et deux photos après une nuit blanche. Parmi ces deux photos, il s'agit à chaque fois d'une photo avec une expression faciale neutre et d'une avec un sourire.

Pour l'évaluation des photos, un document PDF a été créé. Les photos sont présentées par paires, en fonction de l'expression du visage. Il y a donc toujours une photo pré- et post-privation de sommeil côte à côte

L'ordre des sujets ainsi que les photos avec les deux expressions faciales sont dans un ordre aléatoire avec au moins deux sujets différents entre le même sujet.

Juges

Nous avons trois catégories d'observateurs qui ont jugé les photos. Il s'agit de 15 collaborateurs du CIRS, 15 étudiants de 5^{ème} et 6^{ème} année de la faculté de médecine de l'Université de Lausanne et deux médecins de la clinique de médecine esthétique Matignon.

Les juges ont visionné les photos et ont répondu au questionnaire de la « Reconnaissance de privation de sommeil ». Ils pouvaient ainsi cocher, sur le questionnaire, laquelle des deux photos présentée correspond, d'après eux, à la photo prise après la privation de sommeil.

Parmi les 32 juges, il y a 18 femmes et 14 hommes (56% et 44% respectivement), avec une moyenne d'âge de $34 \pm 13,1$ ans, une médiane de 26 ans et un éventail de 49 ans (min = 22, max = 71).

Plus précisément, il s'agit de 16 étudiants, 8 médecins, 8 autres collaborateurs du CIRS (1 infirmière, 2 techniciens en PSG, 2 secrétaires, 1 « paramédic », 1 psychologue et 1 ingénieure biomédicale).

3.3. Partie 3 : Analyse

Les données récoltées ont été analysées avec le programme Medcalc. Divers outils statistiques ont été employés : le « *two-tailed* » et « *one sample* » *Wilcoxon signed ranked sum test* pour les données non-paramétriques ainsi que le « *one sample* » et « *two-tailed* » *Mann-Whitney test for independent samples* et le « *one-* » ou « *two-tailed paired-* » ou « *non paired t-test* », pour les données paramétriques.

4. Résultats

Les informations générales sur les sujets inclus sont présentées dans la section 4.1. et le tableau 3 montre l'ensemble de tous les résultats. Pour répondre à la question de recherche, les réponses des juges ont été analysés. L'hypothèse de travail, stipulant qu'il est possible de reconnaître la fatigue à l'œil nu sur la base de modifications des traits du visage, a été analysée par plusieurs questions. La première question est de déterminer si

la reconnaissance est différente du hasard. La deuxième s'intéresse à une possible différence de reconnaissance en fonction de l'expression faciale (sourire ou expression neutre). Les troisièmes, quatrièmes et cinquièmes questions, sont si le sexe, la profession ou l'âge des juges joue un rôle dans la reconnaissance. La sixième question s'intéresse aux modifications potentielles des paramètres mesurés avec le PVT au cours de la privation de sommeil. La perception subjective de la fatigue est analysée dans la question sept. La huitième question compare s'il y a une variation des réflexes (déterminé avec le PVT) et de la perception subjective de la fatigue entre les sujets correctement identifiés par les juges et les autres. L'analyse de traits du visage, qui ont permis aux juges de faire leur choix, est répertoriée dans la question 9. Ces résultats seront présentés dans les sections 4.2. à 4.6.

4.1. Informations concernant l'étude et tableau récapitulatif

4.1.1. Utilisation des photos

Parmi les 30 sujets, une participante a dû être exclue, une fois l'étude terminée, car elle était maquillée sur les photos. Les paires de photos "sourire" de trois sujets ont également dû être exclues (yeux fermés, bouche ouverte et différence de luminosité entre les deux photos en étaient les causes).

Les photos de 29 sujets ont donc pu être utilisées, dont celles de 23 femmes et de 6 hommes, avec une moyenne d'âge de $22 \pm 2,3$ ans, (médiane 23 ans).

Au final, un total de 55 paires de photos a pu être analysé. Pour 26 sujets, les deux expressions du visage ont pu être retenues, alors que pour 3 sujets, seule la photo avec l'expression neutre a été utilisée (voir tableau 4).

Pour les valeurs du PVT, les valeurs des 29 sujets, desquels les photos ont pu être utilisés, ont été incluses dans l'analyse des résultats.

En ce qui concerne les questionnaires de l'échelle de fatigue de 14 items et les 3 EVA, les feuilles de deux participantes ne sont pas disponibles. Pour ces questionnaires il y a donc 27 réponses.

4.1.2. Durée de sommeil et privation

L'actimètre porté par les sujets tout au long de l'étude a démontré que les participants ont dormi en moyenne $08h02 \pm 0,03$ heures sur les 4 jours précédant la nuit de privation de sommeil et que la privation de sommeil de 24 heures a bien été respectée.

4.1.3. Score de Pittsburgh

La moyenne du score du questionnaire de Pittsburgh effectué avant la privation du sommeil est de $3,9 \pm 2$.

4.1.4. Tableau récapitulatif des résultats

Tableau 3. Tableau récapitulatif des résultats

Question	Test	n	Résultat	p	95% CI	Moyenne (m)± SD, Médian (M)	Interprétation
Durée de sommeil et privation							
	Arithmetic mean	29				08h02±0,03	Heures de sommeil respectées
Pittsburgh (PSQI)							
	Arithmetic mean	30				3,9±2,0	Bonne qualité de sommeil des sujets
Q1 : Taux de reconnaissance de la fatigue							
Les deux expressions confondues	One sample t-test	55	59.0%	<0.05	0,6 à 17,4	59,0±22,1 (SD)	Reconnaissance de la fatigue est significativement différente du hasard.
Q2 : Taux de reconnaissance de la fatigue en fonction de l'expression du visage							
a) Expression neutre	One sample t-test	29	57,6%	0,1	-2,1 à 17,6	57,6±27,4 (SD)	Reconnaissance de la fatigue n'est pas significativement différente du hasard.
b) Expression sourire	One sample t-test	26	60,3%	0,5	-7,5 à 15,7	60,3±25,6 (SD)	Reconnaissance de la fatigue n'est pas significativement différente du hasard.
c) Différence entre les deux expressions	Two-tailed paired T-test	26	Différence : 2,8	0,6	-7,98 à 13,51		Pas de reconnaissance significativement différente entre les deux expressions de visage
Q3 : Taux de reconnaissance de la fatigue en fonction du sexe du juge							
	Two-tailed T-test for independent samples	32	Différence : 0,3% ±2,7(SE)	0,9	-5,7 à 5,2	H : 59,2% ±7,4 (SD) F : 58,9%±7, 5 (SD)	aucune différence dans la capacité de discrimination des juges hommes et femmes.
Q4 : Reconnaissance de la fatigue en fonction de l'âge des juges (<27ans versus ≥ 27ans)							
	Two-tailed T-test for independent samples	32	Différence : 3,1% ±2,6(SE)	0,3	-8,4 à 2,2	« <27 ans » : 60,4%±6, 2 (SD) « ≥27 ans » :	L'âge n'influe pas sur la capacité de reconnaissance.

Question	Test	n	Résultat	p	95% CI	Moyenne (m)± SD, Médian (M)	Interprétation
						57,6% ±8,2 (SD)	
Q6 : Effets de la privation du sommeil sur le temps de réaction, le nombre de lapses et d'erreurs au PVT							
a) Temps de réaction	Two-tailed Wilcoxon signed ranked sum test	29		<0.01	10,6 à 37,2	M : 24,1	La privation de sommeil augmente le temps de réaction.
b) Lapses	Two-tailed Wilcoxon signed ranked sum test	29		<0.01	0,0 à 2,2	M: 1	La privation de sommeil augmente le nombre de réponses manquées.
c) Nombre d'erreurs	Two-tailed Wilcoxon signed ranked sum test	29		<0.05	0,0 à 1,0	M : 0	La privation de sommeil augmente le nombre de fausses réponses.
Q7 : Effets de la privation du sommeil sur la perception subjective de la fatigue							
a) Karolinska	one sample paired t-test	29		<0.01	2,6 à 4,0	m: 3,3 ±1,9 (SD)	La fatigue subjective augmente après privation de sommeil – augmentation de 3 points du questionnaire de Karolinska
b) EVA somnolence	one sample paired t-test	27		<0.01	30,4 à 53,9	m : 42,1 ±29.7 (SD)	La somnolence subjective augmente après privation de sommeil – augmentation de 42,1mm sur l'EVA somnolence.
c) EVA fatigue	one sample paired t-test	27		<0.01	27,8 à 52,7	m : 40,3 ±31,5 (SD)	La fatigue subjective augmente après privation de sommeil – augmentation de 40,3mm sur l'EVA fatigue.
d) EVA mal-être	One sample Wilcoxon signed ranked sum test	27		<0.01	1,0 à 35,0	M : 14,0	Le mal-être augmente après privation de sommeil.
e) Echelle de fatigue de 14 items	One sample Wilcoxon signed ranked sum test	27		<0.01	2,0 à 4,1	M : 3,0	La fatigue subjective augmente après privation de sommeil.

Q8 : Différence entre les sujets correctement identifiés comme fatigués (>50% de reconnaissance par les juges (j=juste)) et ceux qui ont été méconnus (taux de reconnaissance ≤50% (f=faux)) en ce qui concerne							
a) Temps de réaction (PVT)	Two-tailed Mann-Whitney test	29		1,0	j : 3,7 à 51,8 f : -0,8 à 7,0	j : M : 24,1 f : M : 20,1	Pas de différence significative parmi les principaux paramètres du PVT entre les sujets qui ont été reconnus à plus de 50% et les autres.
b) Lapses (PVT)	Two-tailed Mann-Whitney test	29		0,8	j : 0,0 à 3,0 f : -0,8 à 7,0	j : M : 1,0 f : M : 1,0	Idem.
c) Nombre d'erreurs (PVT)	Two-tailed Mann-Whitney test	29		0,8	j : 0,0 à 3,0 f : -0,8 à 7,0	j : M : 1,0 f : M : 0,5	Idem.
d) Karolinska	Two-tailed t-test	29		0,1	-2,5 à 0,3	j : m : 3,7 ±1,8 f : m : 2,7 ±2,0	Il y a une tendance, non significative, pour une augmentation de la valeur du questionnaire de Karolinska pour les sujets reconnus à plus de 50%.
e) EVA somnolence	Two-tailed t-test	27		0,2	-8,1 à 39,1	j : m : 35,8 ±30,7 f : m : 51,3 ±27,0	Pas de différence significative concernant l'EVA somnolence pour les sujets reconnus à plus de 50%.
f) EVA fatigue	Two-tailed t-test	27		0,3	-36,8 à 14,2	j : m : 44,9±30,5 f : m : 33,6±33,1	Pas de différence significative concernant la perception subjective de la fatigue pour les sujets reconnus à plus de 50%.
g) EVA maletre	Two-tailed Mann-Whitney test	27		0,6	j : 0,0 à 35,0 f : 1,6 à 40,7	j : M : 9,0 f : M : 14,0	Pas de différence significative concernant la valeur de l'EVA mal-être pour les sujets reconnus à plus de 50%.
h) Echelle de fatigue de 14 items	Two-tailed Mann-Whitney test	27		0,5	j : 2,6 à 5,0 f : 0,8 à 4,4	j : M : 3,5 f : M : 3,0	Pas de différence significative concernant la valeur de l'échelle de fatigue de 14 items pour les sujets reconnus à plus de 50%.
Q9 : Analyse des traits du visage ayant permis aux juges de faire leur choix							
Par ordre décroissant, les traits du visage mentionnés					Yeux : 84,4% Cernes : 59,4% Ouverture des yeux : 56,3% Peau : 37,5% Sourire : 25%		Les yeux semblent être l'élément le plus important pour la reconnaissance de la fatigue.

4.2. Taux de reconnaissance de la fatigue en fonction des sujets

4.2.1. Taux de reconnaissance de la fatigue

Question 1 :

Est-ce que le taux total de la reconnaissance de la fatigue dans cette étude du hasard ?

Le taux de reconnaissance moyen sur les 55 observations est de 59,09% ($p < 0,05$). Cette analyse démontre que la reconnaissance des visages est significativement différente du hasard (9% au dessus du hasard).¹ Afin de déterminer le résultat, l'expression des sujets et les caractéristiques des juges (sexe, âge) sont analysées.

4.2.2. Taux de reconnaissance de la fatigue en fonction de l'expression du visage

Question 2 :

Est-ce que l'expression du visage (neutre ou avec sourire) joue un rôle dans la reconnaissance d'un visage fatigué ?

Le taux de reconnaissance est de 57,6% pour les visages neutres et de 67,9% pour les visages avec un sourire (respectivement 7,6% et 10,3% de plus que le hasard). Même si il y a une différence en faveur de la reconnaissance des visages fatigués plus marquée pour les visages avec un sourire qu'avec les visages neutres, ce résultat est non significatif ($p = 0,6$). Le taux de reconnaissance par sujet et par expression faciale est illustré dans le tableau 4. Dans ce tableau descriptif, les sujets sont classés par ordre décroissant de reconnaissance par sujet où la fatigue a été le mieux perçue, au sujet dont la fatigue a été la moins reconnue. Les 3^{ème} et 4^{ème} colonnes comprennent le pourcentage de réponses justes par sujet et par expression faciale (neutre et sourire).

Les Figures 1 et 2 illustrent les expressions faciales et correspondent aux visages des sujets 7 et 17, premier et dernier sujet du tableau 4, où le pourcentage de réponses justes était de 100% et 20% respectivement.²

¹ *Méthode:* Pour répondre à cette question, 50 a été soustrait au pourcentage de reconnaissance (car 50% correspond au hasard). Les résultats au-dessus de zéro représentent donc une reconnaissance. Les données sont normalement distribuées ce qui permet d'utiliser un *t-test*, avec comme valeur de référence 0. Le test nous informe si les valeurs obtenues sont significativement non de 0, correspondant au hasard.

² *Méthode :* Un « *two-tailed paired T-test* » a été utilisé pour répondre à cette question.

Figure 1. Sujet 7 où 100% des juges ont reconnu la bonne photo après privation de sommeil. Photo après privation de sommeil : B

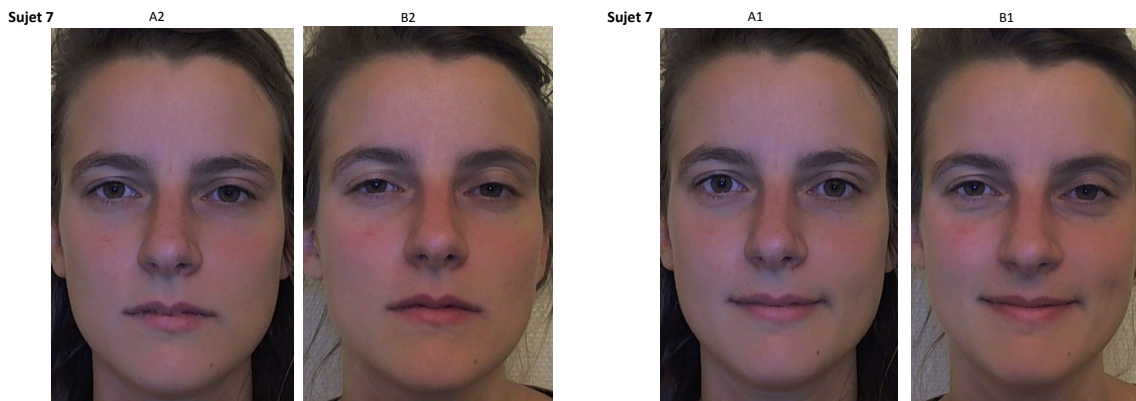
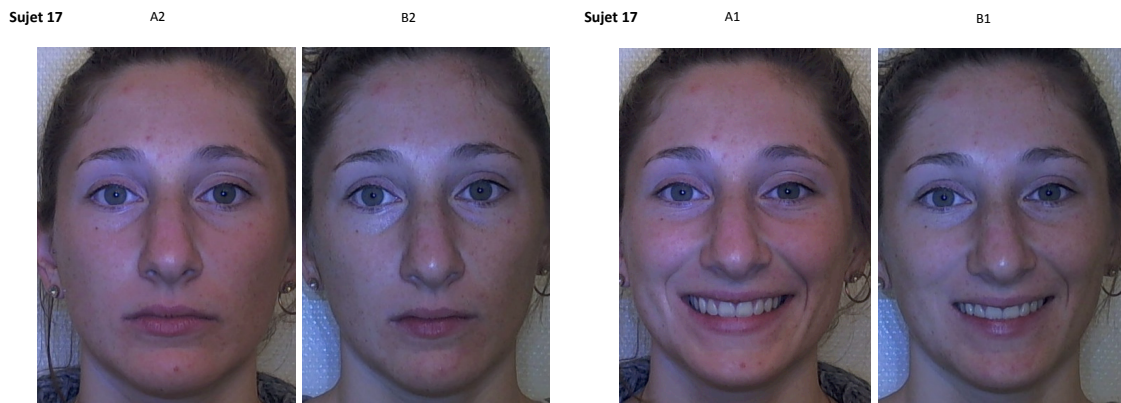


Tableau 4. Reconnaissance de la fatigue en fonction du sujet et de son expression faciale

Sujet	% Total	% Neutre	% Sourire
Sujet 7	100.00	100.00	100.00
Sujet 24	96.88	96.88	96.88
Sujet 28	93.75	96.88	90.63
Sujet 4	89.06	96.88	81.25
Sujet 8	85.94	90.63	81.25
Sujet 27	84.38	81.25	87.50
Sujet 23	78.13	78.13	<i>Photo exclue</i>
Sujet 19	76.56	56.25	96.88
Sujet 3	71.88	43.75	100.00
Sujet 13	68.75	68.75	<i>Photo exclue</i>
Sujet 11	64.06	50.00	78.13
Sujet 18	59.38	62.50	56.25
Sujet 10	57.81	56.25	59.38
Sujet 16	57.81	75.00	40.63
Sujet 2	54.69	68.75	40.63
Sujet 15	54.69	56.25	53.13
Sujet 20	51.56	37.50	65.63
Sujet 12	50.00	78.13	21.88
Sujet 22	49.21	38.71	59.38
Sujet 26	49.21	61.29	37.50
Sujet 9	48.44	56.25	40.63
Sujet 6	45.31	50.00	40.63
Sujet 1	40.63	34.38	46.88
Sujet 21	37.50	6.25	68.75
Sujet 25	35.94	34.38	37.50
Sujet 14	31.25	31.25	<i>Photo exclue</i>
Sujet 29	31.25	25.00	37.50
Sujet 5	26.56	18.75	34.38
Sujet 17	20.31	25.00	15.63

Figure 2. Sujet 17, où 20% des juges ont trouvé la photo après privation de sommeil.
Photo après privation de sommeil : A



4.3. Taux de reconnaissance en fonction des caractéristiques des juges

Le tableau 5, démontre le pourcentage de reconnaissance de la fatigue calculé pour chaque juge ainsi que trois paramètres les concernant (âge, sexe et profession). Les juges sont classés par ordre décroissant en fonction de leur taux de réussite. On observe une grande dispersion du pourcentage de réussite avec les deux expressions faciales confondues. En effet il varie de 78% à 46%. La reconnaissance des juges en fonction de leur sexe, âge et profession a été analysée. Dans cette étude il n'y avait pas de différences significatives concernant ces caractéristiques. Les résultats seront présentés après le tableau 5.

Tableau 5. Pourcentage de reconnaissance de la fatigue par juge.

Juge	Sexe	Age	Profession	Pourcentage de reconnaissance
Juge 7	F	28	Ingénieure biomédicale	77.78
Juge 28	H	24	Etudiant	72.73
Juge 20	F	23	Etudiante	70.91
Juge 24	H	44	Médecin	69.09
Juge 26	H	26	Etudiant	69.09
Juge 27	F	24	Etudiante	65.45
Juge 30	F	22	Etudiante	63.64
Juge 31	H	49	Médecin	63.64
Juge 6	F	24	Secrétaire médicale	61.82
Juge 14	F	49	Secrétaire labo sommeil	61.82
Juge 8	F	24	Etudiante	60.00
Juge 9	F	35	Médecin au CIRS	60.00
Juge 16	H	25	Etudiant	60.00
Juge 18	H	24	Etudiant	60.00
Juge 22	H	25	Etudiant	60.00
Juge 3	F	36	Psychiatre	58.18
Juge 1	H	26	Etudiant	56.36
Juge 2	H	39	Médecin	56.36
Juge 10	F	44	Technicienne en PSG	56.36
Juge 17	F	24	Etudiante	56.36
Juge 25	H	24	Etudiant	56.36
Juge 29	F	24	Etudiante	56.36
Juge 32	F	46	Médecin dermatologue	56.36
Juge 5	H	44	Médecin	52.73
Juge 12	F	62	Paramédic	52.73
Juge 15	H	25	Etudiant	52.73
Juge 19	F	23	Etudiante	52.73
Juge 21	F	23	Etudiante	52.73
Juge 23	H	71	Médecin	52.73
Juge 13	F	55	Infirmière	49.09
Juge 4	F	44	Psychologue	47.27
Juge 11	H	45	Technicien en PSG	46.30

4.3.1. Sexe des juges

Question 3 :

Est ce que le sexe des juges joue un rôle dans la reconnaissance ?

Le taux de reconnaissance chez les juges masculins est de 59,2% ($\pm 7,4$) et de 58,9% ($\pm 7,5$) chez les juges féminins. Il n'y a pas de différence significative ($p=0,9$) pour la capacité de discrimination des juges hommes, comparé à celle des femmes.³

³ Le « two-tailed T-test for independent sample » a été utilisé.

4.3.2. Âge des juges

Question 4 :

Est-ce que l'âge des juges joue un rôle ?

Le pourcentage de réussite pour le groupe « <27 » ans se situe à 60,4% ($\pm 6,2$) et à 57,4% pour le groupe « ≥ 27 » ($\pm 8,4$) ans. Il n'y a pas de résultats significativement différents ($p=0,3$) en séparant les plus jeunes, ayant moins de 27ans, des plus âgés. ⁴

4.3.3. Profession des juges

Question 5 :

Est ce que le type de profession joue un rôle ?

Dans le groupe comprenant les d'étudiants, le taux de reconnaissance de 60,3% ($\pm 6,4$) et dans le groupe de professionnels ce taux est de 57,6% ($\pm 8,2$). La profession des juges n'engendre pas de différence significative ($p=0,3$) pour la reconnaissance de la fatigue.⁵

4.4. Evaluation objective et subjective de la fatigue après privation de sommeil

4.4.1. Evaluation objective de la fatigue : temps de réaction, nombre de lapses et nombre d'erreurs au PVT

Question 6 :

Est-ce que la privation de sommeil affecte le temps de réaction, le nombre de lapses (nombre de fois où le temps de réaction était supérieur à 500ms) et le nombre d'erreurs (nombre de fois où le sujet a appuyé sur le bouton du PVT alors que le signal lumineux n'y était pas) ?

Les principaux paramètres du PVT sont significativement affectés par la privation de sommeil ($p<0,05$).⁶ Autrement dit, les sujets ont des reflexes altérés après une nuit blanche.

4.4.2. Evaluation subjective de la fatigue : questionnaire de Karolinska, 3 EVA et questionnaire de fatigue de 14 items

Question 7 :

Est-ce que les sujets se sentent plus fatigués, plus somnolents, ou ont une plus grande sensation de mal-être après la nuit de privation de sommeil ?

⁴ Méthode : Deux groupes ont été créés en séparant les juges de moins de 27 ans (« <27 ») des autres (« ≥ 27 »). L'échantillon « <27 » comporte 17 juges et celui « ≥ 27 » en comporte 15. Un « *two-tailed T-test for independent samples* » a permis d'obtenir les résultats suivants.

⁵ Méthode : Deux groupes ont été créés, l'un comprenant les 16 professionnels de la santé (collaborateurs du centre de recherche et investigation du sommeil, un médecin plasticien et une dermatologue), l'autre comprenant les 16 étudiants en médecine de 5^{ème} et 6^{ème} année. L'analyse à été faite avec « *two-tailed T-test for independent samples* » .

⁶ Méthode : La différence entre le temps de réaction, des lapses et du nombre d'erreurs des sujets du samedi matin et du vendredi matin à permis d'utiliser le « *two-tailed Wilcoxon signed ranked sum test* ».

Une fatigue significativement plus importante est rapportée ($p < 0,05$) par les sujets après une nuit blanche selon les résultats de tous ces questionnaires. En effet au niveau du questionnaire de Karolinska, la perception de la fatigue a augmenté en moyenne de 3,3 points, également de 3 points sur l'échelle de fatigue de 14 items, les sujets ont aussi ressenti une augmentation de la somnolence, de fatigue et de mal-être représenté avec une augmentation de 42,1mm, de 40,2mm et de 14,0mm respectivement sur les 3 EVA.⁷

4.5. Différence entre les sujets correctement identifiés comme fatigués et ceux qui ont été méconnus

Question 8:

Est-ce que les sujets, qui ont été reconnus par les juges, sont différents des autres en termes de PVT, de fatigue répertoriée avec les questionnaires de Karolinska, des trois EVA et du questionnaire de fatigue de 14 items ?

Ces mesures objectives et subjectives déterminent si les sujets mieux perçus comme étant fatigués ont également un temps de réaction et une sensation de fatigue supérieure aux autres.

Il n'y a pas de différence significative parmi les principaux paramètres du PVT entre les sujets qui ont été reconnus à plus de 50% et les autres. Il y a cependant une tendance pour une augmentation de la valeur du questionnaire de Karolinska ainsi que pour l'EVA de fatigue et le questionnaire de fatigue de 14 items mais ces résultats sont non significatifs. Pour les autres questionnaires la tendance semble inversée.⁸

⁷ *Méthode* : La différence du score du questionnaire de Karolinska, de l'échelle de fatigue de 14 items, ainsi que les 3 EVA entre le samedi matin et le vendredi matin ont été utilisées. Pour les données ayant une distribution normale, le « *one sample paired t-test* » a été utilisé, alors que pour les données non-paramétriques le « *two-tailed Wilcoxon signed ranked sum test* » a été employé.

⁸ *Méthode* : Les sujets ont été classés en deux groupes. Un groupe constitue les 18 sujets pour qui, le taux de reconnaissance est de plus de 50%, le second, les 11 sujets ayant un taux inférieur ou égal à 50%. Le « *two-tailed Mann-Whitney test* » et le « *two-tailed t-test* » ont été utilisés pour les données non-paramétriques et paramétriques, respectivement.

4.6. Analyse des traits du visage ayant permis aux juges de faire leur choix

Question 9 :

Quels traits du visage ont permis aux juges de déterminer la photo « fatigué » ?

Sur les 32 juges, presque tous (27) ont utilisé le mot « yeux ». De plus, 19 juges mentionnent « cernes » dans leurs commentaires, 18 mentionnent l'ouverture des yeux et des synonymes, 12 font référence à la peau, et 8 au sourire. Les yeux semblent être l'élément le plus important pour la reconnaissance de la fatigue.⁹

Tableau 7. Indices de fatigue.

Indices	Nombre de juges	Pourcentage
Yeux ¹	27	84,4
Cernes	19	59,4
Ouverture des yeux ²	18	56,3
Peau ³	12	37,5
Sourire ⁴	8	25

Synonymes utilisés :

¹ " yeux", "regard", "oculaire"

² "ouverture des yeux", "ouverture palpébrale", "taille fente palpébrale", "les yeux plissés", "paupières", "ptose palpébrale"

³ "peau", "le teint", "brillance visage", "rides", "traits du visage", "poches des yeux"

⁴ "sourire", "bouche"

5. Discussion et conclusion

5.1. Discussion

Les résultats de cette étude montrent pour la première fois que l'œil humain est capable de différencier une personne fatiguée, après une privation de sommeil de 24 heures, d'une personne bien reposée sur la base d'une paire de photos. Le taux de réussite est toutefois relativement faible avec un taux de reconnaissance de 59%, ce qui ne représente que 9% de plus par rapport au hasard. Les traits du visage les plus fréquemment mentionnés par les juges pour leur choix sont, par ordre décroissant, les yeux, les cernes, l'ouverture des yeux, la peau et le sourire. Par contre, l'expression faciale (sourire ou non) ne semble pas jouer un rôle prépondérant dans la reconnaissance de la fatigue.

Le sexe, l'âge et la profession des juges ne semblent pas non plus influencer significativement leur capacité de reconnaissance.

⁹ *Méthode* : Il a été demandé aux juges, à la fin du questionnaire de « Reconnaissance de privation de sommeil », quels étaient les indices qui leur ont permis de faire leur choix.

En sachant que la question était ouverte, le regroupement de mots et de synonymes a été fait pour trouver quels étaient les indices les plus fréquemment mentionnés.

L'altération des réflexes (PVT) après une nuit de privation de sommeil, soit l'augmentation du temps de réaction, du nombre de lapses et du nombre d'erreurs totales, est attendu, et confirme que la privation de sommeil était efficace et que ses conséquences sont mesurables.

L'impact de la nuit blanche est aussi démontré par l'augmentation significative de la perception subjective de la fatigue avec les questionnaires de Karolinska, les 3 EVA et l'échelle de fatigue de 14 items.

Nous avons également comparé les sujets qui ont été reconnus par plus de 50% des juges avec les autres. Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne les valeurs du PVT et les questionnaires. A noter néanmoins une tendance non significative d'augmentation du score de somnolence de Karolinska, chez les sujets reconnus à plus de 50%.

Bien qu'aucune étude précédente n'ai directement étudié le taux de reconnaissance des visage fatigués, nos résultats vont dans la même direction que les résultats de Stundelin et al.[11], d'Axelsson et al.[12] Et de Chervin et al.[10].

Stundelin et al.[11] avaient démontré en 2013 que les sujets (n=10, caucasiens) après privation de sommeil sont perçus comme ayant plus de cernes, les paupières plus tombantes, des modifications au niveau des yeux (plus rouges et enflés) et au niveau de la peau (plus pâle et plus de rides). Dans cette étude, les juges (n=40) devaient déterminer, lesquels des 10 traits du visage, prédéterminés se sont modifiés après la privation de sommeil de 31 heures.

En comparaison, notre étude comporte plus de sujets (n=29) ainsi que des sujets de différentes ethnies et pas de biais de réponse, étant donné que chaque juge a dû trouver lui-même les mots pour décrire les traits du visage qui se sont modifiés d'après lui. Nous avons aussi comparé les deux expressions faciales, élément qui n'a pas été pris en compte par Stundelin et al.

La comparaison entre une photo avant et après privation de sommeil a déjà été faite par Axelsson et al.[12] en 2010. Ils ont comparé les photos de 23 sujets après une nuit d'au moins 8 heures de sommeil à celle après une privation de 31 heures de sommeil. Les juges (n=65) ont évalué les sujets sur une échelle visuelle analogue de 100mm. Les sujets paraissaient plus fatigués (une différence de 9mm sur l'EVA correspondant à une augmentation de 19%) ($p < 0.001$).

Notre approche se distingue de celle d'Axelsson sur plusieurs points. Alors que chez Axelsson les juges évaluaient la fatigue sur une EVA, nos juges ont choisi entre deux photos, celle où le sujet était fatigué, ce qui nous a permis de calculer un pourcentage de

reconnaissance. D'autres différences sont à noter : nous avons plus de sujets et que nos sujets ont dormi en moyenne 8 heures au cours des 4 dernières nuits avant la première photo (versus une seule nuit de 8 heures).

Dans le domaine des apnées du sommeil, Chervin et al.[10] a demandé à des experts, sur la base d'une paire de photos prise avant et après traitement de CPAP (continuous airway pressure), de déterminer sur laquelle des deux, le sujet paraît plus réveillé. Ils ont comparé l'effet de minimum 2 mois de traitement des apnées obstructives du sommeil par CPAP sur 20 sujets. Les juges (n=22) ont déterminé la photo où chaque sujet semblait plus alerte, plus attractif et plus jeune. Ils ont obtenu une différence significative pour les trois paramètres analysés. A noter que dans cette étude de Chervin et al. les sujets étaient tous des patients, plus âgés que nos sujets et souffrant d'apnées du sommeil, alors que dans notre étude, il s'agissait de sujets sains, plus jeunes et en bonne santé.

Parmi les juges, l'étude de Chervin et al. en comporte 22, dont 10 inexpérimentées, les autres étant des professionnels de la santé (sommeil et chirurgie plastique). L'ensemble des juges de notre étude est très similaire, uniquement le nombre en diffère. Contrairement à la privation aiguë de sommeil utilisée dans notre étude, le CPAP peut avoir des effets sur d'autres éléments physiologiques comme le tonus sympathique, le stress et l'oxygénation.

5.2. Limitations de l'étude

Dans cette étude, la période de privation de sommeil était de 24 heures. La fatigue serait probablement plus prononcée après une privation de sommeil d'une durée supérieure à celle de cette étude, ou lors d'une privation de sommeil chronique (par exemple 4 heures pendant 7 nuits).

Les points à améliorer lors d'une future étude de ce genre seraient de donner des instructions plus claires et plus rigoureuses, qui auraient potentiellement pu éviter une trop grande différence de sourire entre les deux photos. En outre, certains observateurs connaissaient certains sujets, ce qui a pu leur faciliter la reconnaissance. Sur certaines photos il y a une différence de luminosité. Ceci est probablement dû à une légère variation de la position de la chaise lors de la photo, ce qui engendre un différent alignement entre la tête du sujet et le flash de la caméra.

L'échantillon des sujets (n=29) et des juges (n=32) est relativement modeste et limite les analyses statistiques. Un échantillon plus grand de sujets et de juges et/ou une variance plus faible pourraient probablement contribuer à d'autres résultats significatifs.

La durée du visionnement des photos devrait être limitée dans le temps afin que chaque juge ait le même temps à disposition.

5.3. Conclusion

Cette étude démontre pour la première fois que l'œil humain peut reconnaître l'état de fatigue d'une personne sur la base de simple photographie. Cette tâche reste néanmoins relativement difficile puisque nos résultats démontrent qu'il y a que 59% de chances de reconnaître la bonne photo.

Si de futures études identifient plus précisément des modifications physiologiques de la fatigue sur les traits du visage, il serait peut-être possible d'imaginer des dispositifs capables de détecter la fatigue du conducteur au volant. Ces dispositifs, pourraient par exemple prendre une photo avant que le conducteur puisse enclencher le moteur de son véhicule et la comparer à une photo de base, où il est reposé. Si la photo différerait trop de la photo reposé, le système proposerait que le conducteur fasse une sieste.

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration de beaucoup de personnes. Les Dr Raphaël Heinzer et Dr José Haba Rubio qui m'ont appuyés et guidés à travers la réalisation de cette étude grâce à leurs commentaires constructifs. Ma collègue, Amélie Nater, qui m'a aidé pour de la récolte de données. Le technicien Gianpaolo Lecciso pour son aide avec les actimètres. Les 30 volontaires qui avec qui j'ai passé des nuit blanches amusantes, que ce soit en jouant à des jeux de société, en discutant ou en regardant des films. Les juges étudiants en médecine, collaborateurs du CIRS et médecins de la clinique Matignon. Valérie Guillod et Apolline Carrard pour la relecture, et ma famille pour les discussions et le soutien.

Bibliographie

1. Bixler, E., *Sleep and society: An epidemiological perspective*. Sleep Medicine, 2009. **10**: p. S3-S6.
2. Williamson, A.M. and A.-M. Feyer, *Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication*. 2000. **57**(10): p. 649-655.
3. *Ordonnance de l'Assemblée fédérale concernant les taux d'alcoolémie limites admis en matière de circulation routière*, A. fédérale, Editor. 2004: Berne.
4. *Roulez éveillé*. 2015.
5. Willis, J. and A. Todorov, *Making Up Your Mind After a 100-Ms Exposure to a Face*. Association for Psychological Science, 2006. **17**(7): p. 592-598.
6. Van Dongen, H.P.A., et al., *The Cumulative Cost of Additional Wakefulness: Dose-Response Effects on Neurobehavioral Functions and Sleep Physiology From Chronic Sleep Restriction and Total Sleep Deprivation*. SLEEP, 2003. **26**(2): p. 117-126.
7. Herrmann, U.S., et al., *Sleepiness is not always perceived before falling asleep in healthy, sleep-deprived subjects*. Sleep Medicine, 2010. **11**(8): p. 747-751.
8. Abe, T., et al., *Detecting deteriorated vigilance using percentage of eyelid closure time during behavioral maintenance of wakefulness tests*. International Journal of Psychophysiology, 2011. **83**(3): p. 269-274.
9. Ji, Q. and X. Yang, *Real-Time Eye, Gaze, and Face Pose Tracking for Monitoring Driver Vigilance*. Real-Time Imaging, 2002. **8**(5): p. 357-377.
10. Chervin, R.D., et al., *The Face of Sleepiness: Improvement in Appearance after Treatment of Sleep Apnea*. Journal of Clinical Sleep Medicine, 2013. **9**(9): p. 845 - 852.
11. Sundelin, T., et al., *Cues of Fatigue: Effects of Sleep Deprivation on Facial Appearance*. SLEEP, 2013. **36**(No. 9): p. 1355 - 1360.
12. Axelsson, J., et al., *Beauty sleep: experimental study on the perceived health and attractiveness of sleep deprived people*. BMJ, 2010: p. 341:c6614, online first.
13. Schleicher, R., et al., *Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired?* Ergonomics, 2008. **51**(7): p. 982-1010.
14. Clarke, J.R. and P.M. Clarke, *Sleep detection and driver alert apparatus*. 1997: USA.
15. Cole, R.J., et al., *Automatic sleep/wake identification from wrist activity*. Sleep, 1992. **15**(5): p. 461-469.
16. Dinges, D.F. and J.W. Powell, *Microcomputer analysis of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations*. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers 1985. **17**(6): p. 652-655.
17. Cuendet, G.L., et al., *Facial Image Analysis for Fully-Automatic Prediction of Difficult Endotracheal Intubation*. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2015. **20**(10).
18. Buysse, D.J., et al., *The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research*. Psychiatry Research, 1989. **28**: p. 193-213.
19. Akerstedt, T. and M. Gillberg, *Subjective and objective sleepiness in the active individual*. The International Journal of Neuroscience, 1990. **52**(1-2): p. 29-37.
20. Chalder, T., et al., *Development of a Fatigue Scale*. Journal of Psychosomatic Research, 1993. **37**(2): p. 147-153.