



HAL
open science

Évaluation et prise en charge des troubles émotionnels par le biais des nouvelles technologies

Auriane Gros

► **To cite this version:**

Auriane Gros. Évaluation et prise en charge des troubles émotionnels par le biais des nouvelles technologies. Automatique. COMUE Université Côte d'Azur (2015 - 2019), 2017. Français. NNT : 2017AZUR4100 . tel-01724361

HAL Id: tel-01724361

<https://theses.hal.science/tel-01724361v1>

Submitted on 6 Mar 2018

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

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



Ecole Doctorale Sciences et Technologies de
l'Information et de la Communication.

THÈSE

Pour obtenir le grade de Docteur de

l'Université de Nice.

Discipline: Automatique, traitement du
signal et des images.

par

Auriane Gros.

Evaluation et prise en charge des troubles émotionnels par le
biais des nouvelles technologies.

Directeur de thèse
François Bremond.
Co-directeur de thèse
Renaud David.

Soutenue le 04/12/2017.
Devant le jury composé de :

Christophe	Arbus	PU/PH, CHU Toulouse	Rapporteur
Jenny	Benois-Pineau	PU, Équipe LaBRI	Rapporteur
François	Bremond	Directeur de recherche, INRIA	Directeur de thèse
Renaud	David	MD/PHD, CMRR Nice	Co-Directeur
Anne-Sophie	Rigaud	PU/PH, Hopital Broca Paris	Rapporteur
Phillipe	Robert	PU/PH, CMRR Nice	Président du jury

Résumé :

Émotions et nouvelles technologies apparaissent le plus souvent comme une alliance impossible. Pourtant, ces dernières années, les nouvelles technologies, telles que les capteurs portés et les logiciels de reconnaissance d'activités, ont permis une évaluation plus fine des émotions.

A travers cette thèse notre objectif était de développer et de tester divers instruments technologiques permettant l'évaluation et la prise en charge des émotions que ce soit au niveau comportemental, physiologique ou cognitif.

Nous avons commencé par faire un état des lieux des nouvelles technologies disponibles pour l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels. Nous avons ensuite recueilli les recommandations d'experts pour leur utilisation ainsi que l'avis des internes de psychiatrie et des médecins généralistes. Au sein de notre deuxième étude, nous avons développé un test informatisé permettant de mesurer les défauts de ressenti et de régulation des émotions propres aux composantes physiologique et cognitive des émotions. Notre troisième étude a consisté à élaborer une prise en charge des troubles émotionnels dans ces deux composantes par une immersion sensori-virtuelle et à étudier l'effet de cette dernière sur le langage de patients avec et sans troubles cognitifs. Enfin, notre quatrième étude a visé à développer une plateforme automatisée d'évaluation et de prise en charge des troubles émotionnels dans la composante comportementale. Nous avons développé et évalué l'intérêt des algorithmes de reconnaissance d'activité pour leur détection et des solutions non pharmacologiques basées sur l'aromathérapie, la musicothérapie et les serious games pour leur prise en charge.

Mots clefs: NTIC, émotions, troubles neuropsychiatriques, maladie d'Alzheimer.

Abstract:

Emotions and new technologies often sound as an impossible association. However, in recent years, new Information and Communication Technologies (nICT) such as wearable sensors and software for activity recognition have enabled to assess emotions more accurately.

This dissertation aimed at developing and testing various nICT-based tools allowing a better assessment and management of emotions, either at the behavioral, physiological or cognitive level. I started with a literature review of the existing nICT for the assessment and management of emotional disorders. I then gathered recommendations for the use of nICT from experts in the field, as well from interns in psychiatry and general practitioners (Study 1). Next, I developed a computerized test to assess impairments in emotional experience and emotion regulation at the physiological and cognitive level (Study 2). Study 3 consisted in developing a tool to manage emotional disorders at the physiological and cognitive level by means of a multisensory, virtual immersion, and assessing the effects of this immersion on the verbal ability of patients with and without cognitive impairment. Finally, in Study 4 I developed an automated platform for the assessment and management of emotional disorders at the behavioral level. In this context, I developed and evaluated the interest of employing activity recognition algorithms for the detection of behavioral emotional disorders, and I evaluated the effects of non-pharmacological solutions based on aromatherapy, music therapy and serious games for the management of these disorders.

Keywords: nICT, emotions, neuropsychiatric disorders, Alzheimer's disease.

Enchevêtrement de sentiments, intrications de sensations, imbroglio de tout. Nous verrons demain, quand demain se dit leurre et l'heure perd le temps. On aura beau essayer de mieux en mieux la spécifier, l'émotion arrivera toujours en premier. Alors faisons avec.
Je dédie cette thèse aux PQMs.

Remerciements et abréviations.

RED: mesure portée de l'activité électrique biologique des glandes sudoripares à la surface de la peau et par conséquent, entre autres, de la perception de l'individu et de son comportement involontaire plutôt que celui d'une réponse qu'il souhaite donner. C'est aussi la couleur des fils conducteurs. À toi Renaud.

Capteurs RGB-D: capteurs environnementaux qui vous voient évoluer de l'extérieur, qui s'assurent que vous ne chutiez pas et qui vous rassurent. Merci François pour ton écoute, ton soutien et ta douce sérénité.

SG: outil utilisant les nouvelles technologies dans l'intention sérieuse et spécifique de faire passer un message de manière attractive. Parce que grâce à vous la vie est davantage un jeu et oublie de se prendre au sérieux, merci Pr Robert pour m'avoir soutenu dans l'ensemble de mes travaux et démarches avec sincérité et « ludicité ».

IoT: objets connectés disposant de leur propre identité numérique et communiquant entre eux et avec les hommes. Aux étudiantes 2.0: Emeline, Gulia et Chaima sans qui la plateforme centrale aurait perdu tout son sens.

BCI: interface de communication directe entre un cerveau et un dispositif externe. Ces systèmes sont conçus pour assister, améliorer ou réparer des fonctions humaines de cognition ou d'action défaillantes. À toi Valeria, que je considère comme un membre de ma famille.

RA: insertion du virtuel dans le réel permettant d'améliorer notre perception des choses et de l'environnement. Merci à l'ensemble de l'équipe du CMRR pour embellir chaque jour ma réalité.

EEG: dispositif d'exploration cérébrale reflétant l'activité du cerveau. Le tracé est caractérisé par la présence de « rythmes », qui sont interprétés sur leur fréquence, leur forme, leur amplitude et leurs modifications sous l'influence des épreuves. Merci Julie d'alléger, tout en musique, les épreuves et le tracé de la vie.

RV: technologie qui permet de plonger une personne dans un monde imaginaire et symbolique. Parce que les couleurs chez toi se font sons et les photographies deviennent recueils, merci Vincent.

ACI: technique d'analyse en composantes indépendantes permettant de dégager les points pertinents parmi les nombreuses composantes extraites. Je remercie mes rapporteurs et membres du jury, les professeurs Jenny Benois-Pineau, Anne Sophie Rigaud et Christophe Arbus pour leur travail d'extraction qui rendra sans nul doute ma composante expressive meilleure.

EG: forme d'exercice qui s'appuie sur une technologie qui suit le mouvement ou la réaction du corps, qui a pour but de promouvoir un mode de vie actif et qui peut produire des améliorations réelles dans l'exercice. Merci Monique par ta relecture et pour m'avoir incité à ne pas me conforter dans une certaine sédentarité cognitive.

NTIC: nouvelles technologies de l'information regroupant l'ensemble des technologies sus-décrites. A ma famille : mon EEG, ma RED, mon BCI, mon AMG (amygdale), mon CPF (cortex préfrontal), mon tout.

Table des matières :

Première partie : partie théorique.....	12
I. Les émotions.....	13
1. Des composantes décomposées.....	13
2. L'émotion a un âge.....	14
3. L'apport des neurosciences.....	17
3.1. Une question de réseaux.....	17
3.2. Attention aux émotions.....	19
4. Evaluation des émotions.....	20
4.1. La composante cognitive.....	20
4.2. La composante comportementale et expressive.....	21
4.2.1. Expression faciale.....	22
4.2.1. Expression corporelle.....	24
4.3. La composante physiologique.....	26
5. Les émotions troublées.....	27
5.1. Des troubles de l'humeur aux pathologies neurologiques.....	27
5.2. Dans la Maladie d'Alzheimer.....	29
II. Les nouvelles technologies.....	32
1. L'âge des nouvelles technologies en santé.....	32
1.1. L'e-santé : de l'informatisation médicale à l'informatisation santé.....	32
1.2. Télésurveillance médicale : entre avancées technologiques et acceptabilité.....	33
2. Les nouvelles technologies à travers les âges.....	35
2.1. Digital natives.....	35
2.2. Digital living.....	36
2.3. Digital aging.....	38
3. Les nouvelles technologies savent-elles nous parler d'amour ?.....	39
3.1. 	39
3.2. Les règles ont changé.....	40
4. L'apport des nouvelles technologies dans l'évaluation des émotions.....	42
4.1. Les tests informatisés.....	42
4.2. Les capteurs portés.....	43
4.3. Les capteurs environnementaux.....	45
5. La prise en charge des émotions par le biais des nouvelles technologies.....	47
5.1. La réalité virtuelle.....	47
5.2. Les serious games.....	48

Partie pratique : projet de recherche.....	51
Etude 1: état des lieux, recommandations des experts et acceptabilité des cliniciens.....	53
1.1. Etat des lieux.	53
1.2. Recommandations des experts et avis des cliniciens.....	55
Etude 2 : élaboration, normalisation et validation d'un test informatisé pour l'évaluation des troubles du ressenti et de la régulation des émotions.	61
2.1. Corrélation entre le Clock'N test et la réponse électrodermale.....	62
2.2. Facteurs d'influence et normalisation du Clock'N test.	67
2.3. Informatisation du Clock'N test.	70
Etude 3 : Prise en charge du ressenti émotionnel et de la régulation de ce dernier par le biais d'une immersion sensori-virtuelle.....	77
3.1. Effet d'une immersion sensori-virtuelle sur l'anxiété des patients primo-consultants dans un CMRR.	80
3.2. Effet d'une immersion sensori-virtuelle sur les capacités langagières des patients avec des troubles cognitifs.	84
3.3. Comparaison des effets d'une immersion sensori-virtuelle et des effets d'une stimulation unimodale validée.....	87
Etude 4 : évaluation et prise en charge des troubles émotionnels via la mise en place d'une plateforme basée sur les nouvelles technologies.	93
4.1. Développement d'une plateforme basée sur les nouvelles technologies et visant à la reconnaissance et à la prise en charge des troubles émotionnels dans la composante comportementale.	93
4.2. Faisabilité, acceptabilité et premiers résultats de la mise en place de la plateforme chez les patients atteints d'une maladie d'Alzheimer au stade modéré en EHPAD.	99
4.3. Faisabilité et acceptabilité de la mise en place de la plateforme chez les patients atteints de syndrome de fragilité cognitive à domicile.	106
Conclusion générale et perspectives.....	119
Bibliographie.....	126
Annexes.....	162

Figures :

Figure 1 : Effet de d'âge sur la diminution de l'activité amygdalienne en lien avec l'augmentation du cortex préfrontal (adapté de Silvers et al., 2014).	16
Figure 2 : Représentation de la régulation émotionnelle selon le facteur attentionnel (adaptée de Mohanty et Sussman, 2013).	18
Figure 3: Application de la logique floue afin d'éviter le conflit entre les différentes UAs (adapté de Wodjel et al., 2013).	23
Figure 4 : Différence de la réponse électrodermale selon le degré de neuroticisme (adaptée de Norris et al.,2007).	27
Figure 5 : Ressenti émotionnel des patients atteints de la maladie d'Alzheimer malgré la perte mnésique.	30
Figure 6 : Facteurs critiques et moteurs d'une gamification en santé (adaptée de El-Hilly et al., 2016).	37
Figure 7 : Concordance entre les temps de réaction au serious game et aux scores obtenus dans le Mini Mental State Examination (MMSE)(adaptée de Tong et al., 2016).	43
Figure 8 : Utilisation de l'Emotiv Epoc pour l'analyse des ondes alpha et la mise en place d'un feedback musical sur l'état émotionnel du participant (adapté de Ramirez et al., 2015).	44
Figure 9 : Analyse de la posture d'enfants par le biais d'une Kinect Microsoft (adaptée de Hepach et al., 2015).	46
Figure 10 : Représentation de l'environnement augmenté DJINNI développé par Moussa et son équipe (adapté de Ben-Moussa et al., 2017).	48
Figure 11 : Applications d'un Serious Game visant à stimuler les stratégies de régulation émotionnelle (adaptée de Rodriguez et al., 2015).	49
Figure 12 : Courbe de déformation temporelle (en sec) selon l'ordre de présentation des stimuli et la condition d'amorçage.	64
Figure 13 : Courbe de variations de la réponse électrodermale selon l'ordre de présentation des stimuli et la condition d'amorçage.	66
Figure 14 : Figure de déformation temporelle après amorçage dans la version du test papier-crayon et dans la version informatisée.	73
Figure 15 : description de la technique physio-relaxante par immersion virtuelle et sensorielle.	79
Figure 16 : Représentation de la variation de l'activité électrodermale aux trois temps de l'immersion sensori-virtuelle.	85
Figure 17 : Interface de visualisation des évènements.	95
Figure 18 : Evolution du dispositif « AromaCare » au cours de l'étude.	96
Figure 19 : Application multimédia des jeux d'entraînements cognitifs proposés à domicile.	98
Figure 20 : Plateforme d'évaluation et de prise en charge des troubles émotionnels au niveau comportemental.	99
Figure 21 : Schéma général de l'étude chez les patients présentant une maladie d'Alzheimer en EHPAD.	100
Figure 22 : Qualité de l'enregistrement via la distribution des frames durant 63 jours.	102
Figure 23 : Représentation des chambres de l'EHPAD en trois dimensions.	102
Figure 24 : Zones d'intérêt délimitées pour la reconnaissance automatique d'activité des troubles du sommeil.	103
Figure 25 : Représentation de la distance calculée dans la méthode B sur un plan en trois dimensions des chambres de l'EHPAD.	103
Figure 26 : Schéma de l'étude pour les patients avec solutions thérapeutiques.	106
Figure 27 : Schéma de l'étude pour les patients sans solutions thérapeutiques.	107
Figure 28 : Acceptabilité des capteurs selon les patients fragiles (N=3) inclus à domicile.	107
Figure 29 : Acceptabilité des différentes interventions non-pharmacologiques utilisées.	108
Figure 30 : Nombre d'utilisations des serious games durant les 23 semaines de suivi.	109
Figure 31 : Représentation de l'évènement revenir sur ses pas à l'aller (A) et au retour (B).	110
Figure 32 : Quantité des évènements d'intérêt au début, milieu et à la fin de l'expérimentation.	111

Tableaux :

Tableau 1 : Barrières à l’informatisation des données selon quatre études menées de 2004 à 2006 (adapté de Thakkar and Davis, 2006).....	34
Tableau 2 : Forces, faiblesses, menaces et opportunités (SWOT) dans l’utilisation des nouvelles technologies dans l’évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels.....	56
Tableau 3 : Utilisation des nouvelles technologies pour le dépistage et la prise en charge des troubles émotionnels.....	58
Tableau 4 : Moyennes et écart-types des scores 1 et 2.....	69
Tableau 5 : Distribution des scores 1 et 2 obtenus en centiles.....	70
Tableau 6 : Test t pour échantillons indépendants sur la différence entre les scores 1 et 2 dans les versions papier-crayon et informatisée.....	72
Tableau 7 : Comparaison des mesures utilisées en clinique et en recherche avec la mesure développée dans cette étude pour la détection des troubles émotionnels étudiés dans cette étude.....	75
Tableau 8 : Comparaison de la RED entre les patients MCI et les patients sans troubles cognitifs.....	81
Tableau 9 : Différence entre les niveaux de RED des patients MCI et témoins aux temps de l’immersion après régression logistique.....	82
Tableau 10 : Différence dans la réduction de la réponse émotionnelle physiologique (RED) au cours de l’immersion sensori-virtuelle des patients MCI comparativement aux témoins.....	82
Tableau 11 : Activité cérébrale de patients avec ou sans trouble cognitif au début et à la fin de l’immersion sensori-virtuelle.....	83
Tableau 12 : Mesures de la réponse électrodermale aux trois temps de l’immersion sensori-virtuelle.....	86
Tableau 13 : Evolution de la fluence et de la fluidité du langage avant et après immersion sensori-virtuelle.....	86
Tableau 14 : Comparaison des effets d’une immersion sensori-virtuelle et de la musicothérapie.....	89
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des modalités d’action, de passation et les effets sur le langage des différentes prises en charges du ressenti et de la régulation des émotions.....	91
Tableau 16 : Paramétrage de la diffusion olfactive selon les troubles comportementaux observés.....	97
Tableau 17 : Performances des différents modèles utilisés dans la détection de l’activité «se coucher».....	104
Tableau 18 : Performances des différents modèles utilisés dans la détection de l’activité «se lever».....	104
Tableau 19 : Evolution des scores neuropsychologiques et neuropsychiatriques au début (T1) et à la fin de l’expérimentation (T2).....	105
Tableau 20 : Estimation du nombre de patients nécessaires dans la perspective d’une étude d’efficacité.....	105
Tableau 21 : Evolution des scores neuropsychologiques et neuropsychiatriques à quatre temps différents du suivi.....	110
Tableau 22 : Corrélations entre les éléments d’apathie décrits dans l’Inventaire Apathie avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.....	114
Tableau 23 : Corrélations entre les éléments d’agitation décrits dans l’échelle de Cohen-Mansfield avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.....	114
Tableau 24 : Corrélations entre les éléments d’anxiété décrits dans l’échelle d’anxiété de Hamilton avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.....	115
Tableau 25 : Corrélations entre les domaines décrits dans l’index de qualité du sommeil avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.....	116
Tableau 26 : Elements recommandés dans les différents types de prise en charge utilisées par rapport aux éléments constitutifs utilisés dans ces domaines.....	117

Introduction:

On s'aime, on se manque, on s'oublie à travers des mondes aux nouveaux noms. Des noms à type de Facebook, meetic, teender... Si les nouvelles technologies ont généré des bouleversements émotionnels, elles paraissent également les plus à même de les évaluer. L'évaluation des émotions se fait actuellement majoritairement de façon séparée entre ses trois composantes : la composante physiologique propre au ressenti, la composante cognitive permettant la régulation de ce dernier et la composante expressive qui est le reflet de l'interaction entre les deux premières. Le fonctionnement émotionnel est régi par des réseaux cérébraux à l'image d'une rue à double sens permettant l'interaction constante des différentes composantes émotionnelles et eux-mêmes constitués d'une composante attentionnelle. L'expression des émotions influe ainsi sur la composante physiologique qui influe à son tour sur la composante cognitive des émotions et vice-versa. Et ce réseau, constitué de deux structures majeures que sont l'amygdale et le cortex préfrontal, s'avère lésé dans un grand nombre de pathologies neurologiques ou psychiatriques telles que les troubles de l'humeur, la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, les lésions vasculaires ou encore les lésions tumorales. Mais actuellement ces atteintes demeurent évaluées majoritairement par le biais d'échelles auto-rapportées et hors du contexte émotionnel lui-même.

Les nouvelles technologies nous offre des moyens objectifs et quantifiables afin d'évaluer les émotions de manière plus précise, que ce soit au niveau comportemental via les capteurs environnementaux, au niveau physiologique par le biais des capteurs portés ou encore au niveau cognitif par les tests informatisés ou les dispositifs BCI en électroencéphalographie.

Au sein de cette thèse nous avons développé des outils basés sur les nouvelles technologies permettant d'évaluer et de prendre en charge les composantes physiologique, cognitive et comportementale des émotions.

Dans notre partie théorique, dans un premier temps, nous présentons les émotions sous les trois composantes principales qui la composent et les changements dans le fonctionnement émotionnel au cours des âges. Nous apportons un éclairage neuroscientifique dans la compréhension des réseaux cérébraux sous-tendant les émotions notamment par la présentation des boucles ascendantes et descendantes entre les régions préfrontales et les structures limbiques et paralimbiques. Les différents tests permettant actuellement l'évaluation des différentes composantes émotionnelles sont décrits. Enfin nous présentons différentes pathologies dans lesquelles les émotions sont troublées et décrivons ces troubles. Dans un deuxième temps, nous nous intéressons à l'apparition des nouvelles technologies en santé, leur acceptabilité et les barrières à leur généralisation. Nous décrivons les différences d'utilisation des nouvelles technologies selon les âges et les bouleversements que ces

dernières ont générées dans nos fonctionnements émotionnels notamment en induisant une surexpression de la composante expressive des émotions. Enfin, nous détaillons les nouvelles technologies utilisées dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels au sein de différentes pathologies telles que les tests informatisés, les capteurs portés, les capteurs environnementaux, la réalité virtuelle et les serious games.

Au sein de notre partie pratique, nous présentons dans les études 2, 3 et 4, trois outils que nous avons développés pour l'évaluation et la prise en charge des composantes physiologique, cognitive et comportementale des émotions.

Avant d'élaborer ces outils nous avons, au sein de l'étude 1, fait un état de lieux sur l'ensemble des instruments technologiques permettant une évaluation des émotions et fournit les recommandations des experts quant à leur utilisation. Ces recommandations ont été recueillies dans le cadre du Workshop Innovation Alzheimer organisé par notre équipe de recherche, l'équipe CoBTek (Cognition-Behavior- Technology) de l'Université Nice Sophia Antipolis. Elles ont permis notamment de dégager les forces, faiblesses, menaces et opportunités (SWOT) de l'utilisation des nouvelles technologies dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels.

Notre deuxième étude a permis de développer un paradigme de test informatisé basé sur une tâche d'estimation temporelle et permettant de mesurer les composantes physiologique et cognitive des émotions. En établissant une corrélation entre les mesures obtenues par ce test et la réponse électrodermale phasique, nous avons mis en évidence la possibilité d'évaluer des défauts de réactivité et de régulation émotionnelle par le biais de ce test clinique. Nous avons construit les normes et testé la fidélité entre les deux versions que nous avons développées : la version papier-crayon et la version informatisée.

Notre troisième étude avait pour objectif de prendre en charge les troubles émotionnels détectés dans le cadre de l'étude 2. Nous avons ainsi élaboré une immersion sensori-virtuelle pour la prise en charge des troubles émotionnels dans la composante physiologique et cognitive des émotions. Nous avons évalué l'effet de cette immersion sur la fluidité, la fluence verbale et les capacités mnésiques des patients et l'avons comparé avec une technique validée en musicothérapie. Enfin nous avons comparé les capacités de réduction de l'anxiété et de régulation des émotions chez des patients avec et sans troubles cognitifs afin de voir si un déficit de ce type était précoce chez les patients atteints de la Maladie d'Alzheimer.

Notre quatrième étude a visé à développer une plateforme automatisée d'évaluation et de prise en charge de la composante comportementale des émotions et a été effectuée dans le cadre d'un projet de recherche financé par l'Agence Nationale de Recherche et la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie dans le cadre d'un appel à projet TecSan (Technologies en

Santé). Nous présentons les algorithmes de reconnaissance d'activités développés pour l'évaluation des troubles émotionnels dans la composante comportementale et les différentes solutions non-pharmacologiques élaborées pour leur prise en charge. Nous présentons aussi nos premiers résultats quant à l'acceptabilité et l'efficacité des capteurs et des solutions mis en place.

Première partie : partie théorique.

I. Les émotions.

1. Des composantes décomposées.

Les émotions sont multiples et leur définition probablement tout autant. En effet dès 1981 Kleinginna et Kleinginna (1981) en comptaient quatre-vingt-douze. La première façon de classer les émotions résidait dans une distinction fondamentale entre les émotions positives et les émotions négatives basée sur les descriptions subjectives des émotions proposées par des sujets de différentes cultures (Watson et Clark, 1992). Dans cette idée de polarité émotionnelle, il apparaîtrait que les émotions positives et les émotions négatives sont inversement corrélées entre elles mais que cette corrélation inverse diminue avec l'âge (Diener et al., 1985).

A côté d'elle, l'approche catégorielle des émotions, envisage davantage les émotions de base comme un moyen de réguler nos comportements (Hess and Thibault, 2009) et se définit selon les réponses comportementales et physiologiques qu'elles entraînent chez des individus soumis à un environnement similaire.

Le concept d'émotion de base apparaît tout aussi flou (Izard, 1971, 1977; Plutchik, 1984; Tomkins, 1980; Ekman, 1984, 1992, 1999; Damasio, 1995 ; Lane et al, 2002) que ce soit quant à leur nombre ou leur nature. Mais qu'elles soient dix (Izard, 1971), neuf (Tomkins, 1980), huit (Panksepp, 1989) ou six (Ekman, 1972), les émotions négatives sont toujours plus nombreuses que les émotions positives, et la colère et le dégoût sont présents dans tous les modèles proposés. Ces émotions de base donnent ensuite naissance aux émotions dites basiques (Ekman, 1999) qui, une fois combinées, peuvent générer des émotions plus complexes, les émotions secondaires.

Ces émotions secondaires, qui sont des additions d'émotions dites basiques, seraient la résultante d'évaluations cognitives conscientes ou inconscientes élaborées dans le cortex préfrontal (Damasio, 1995) et apportent une distinction fondamentale entre différents types d'émotions, conscientes ou non, élaborées ou non.

L'approche dimensionnelle s'accorde à l'approche catégorielle dans le sens où, pour son fondateur, les émotions humaines résultent de la fusion d'un «mélange» (Wundt, 1896). Par cette approche, Lang et son équipe (1993), seront les premiers à identifier des paramètres émotionnels quantifiables par la mesure du niveau de conductance cutanée face à la présentation de stimuli visuels. Ces paramètres, actuellement encore majoritairement utilisés, sont la valence affective (positive / négative) et l'intensité de l'activation.

Et malgré l'ensemble des théories et approches énoncées, un consensus existe et définit les émotions comme la synchronisation de trois composantes: la composante cognitive ou

sentiment subjectif, la composante comportementale ou expression motrice qui correspond à toutes les manifestations extérieures liées à cette émotion, et enfin, la composante physiologique (Dimberg, 1987).

Mais une question est restée longtemps en suspens : « fuyons-nous parce que nous avons peur ou avons-nous peur parce que nous fuyons ? ». L'interrogation de fond étant : « qu'est-ce qui est apparu en premier : la composante physiologique ou la composante cognitive des émotions ? ».

Pour James (1884) et Lange (1885) le vécu émotionnel serait possible seulement par le biais des bouleversements physiologiques et lorsque ces bouleversements disparaissent l'émotion disparaît aussi. Et, bien que cette théorie puisse être critiquée, Pugh (1977) nous permet de mieux la comprendre par l'exemple de la sensation de faim et du désir sexuel. Walter Cannon (1927) et Philip Bard (1928) pensent à l'inverse que la composante cognitive, par le déclenchement de structures cérébrales spécifiques, rend possible l'activation de nos réponses motrices expressives et physiologiques. Des mesures objectives plus récentes semblent leur donner en partie raison en montrant qu'il n'y a pas d'expression physiologique type pour une émotion donnée (Cacioppo, 2000). Toujours dans ce débat de la poule et l'œuf, l'hypothèse de feedback facial suggérerait quant à elle que la composante expressive apparaîtrait en premier en démontrant que, lorsque des sujets adoptent une expression faciale particulière, cela peut générer un ressenti émotionnel correspondant à cette dernière (Lanzetta, 1976). Et pourtant cette hypothèse demeure également critiquable dans le sens où les patients avec une paralysie faciale ne présentent pas pour autant de difficulté dans le vécu émotionnel (Keillor, 2002). Mais, au-delà des cas particuliers, les données neurobiologiques actuelles permettent de mieux comprendre le fonctionnement émotionnel et le décrit davantage comme la résultante d'une communication et d'une interaction constante entre des processus physiologiques et cognitifs.

2. L'émotion a un âge.

Au fil du temps l'émotion a fait débat et au fil des années l'émotion évolue. La capacité de reconnaissance faciale des émotions est ainsi la capacité qui s'installe le plus tôt dans le développement de l'enfant (Montague et Walker-Andrews, 2002) et tend à augmenter au fil des années (Gosselin et al., 2002). La colère est la première émotion identifiée (Gosselin et al., 2002) et, petit à petit, la reconnaissance de la peur et du dégoût vont particulièrement s'améliorer (Herba et al., 2006). Les émotions secondaires sont, quant à elles, développées plus tard au cours des phases de développement (Hillier et Allinson, 2002) et tout particulièrement

les émotions sociales (Kalisch, 2012). Néanmoins il a été démontré que les enfants sont capables, dès quatre ans, d'identifier des émotions sociales de type fierté chez autrui (Tracy et al., 2005). Les capacités d'introspection émotionnelle de la même émotion n'apparaîtraient en revanche qu'à partir de cinq ans. Aussi, si la réactivité et la reconnaissance émotionnelle arrivent tôt au cours du développement, l'introspection et le jugement émotionnel semblent mettre plus de temps à se développer et être dépendants du vécu de l'enfant et de ses interactions familiales (Frankel et al., 2015). Enfin, la réactivité émotionnelle, bien que précoce, évolue au fil du développement de l'enfant et est plus importante (activation amygdalienne) pour les visages heureux que pour les visages en colère (Todd et al., 2011) et face à un individu de sexe opposé (Telzer et al., 2015) chez les enfants comparativement aux adolescents. Mais cette réactivité, propre à la composante physiologique des émotions, est également dépendante de la composante cognitive puisque l'activation de l'amygdale est modulée par notre vécu et nos liens sociaux. Cette interaction entre la composante physiologique et la composante cognitive des émotions est ainsi décisive pour un développement émotionnel intact et une dysconnexion entre ces deux composantes, et donc entre le cortex préfrontal et l'amygdale, peut être provoquée à la suite d'un traumatisme émotionnel vécu dans l'enfance (Thomason et al., 2015).

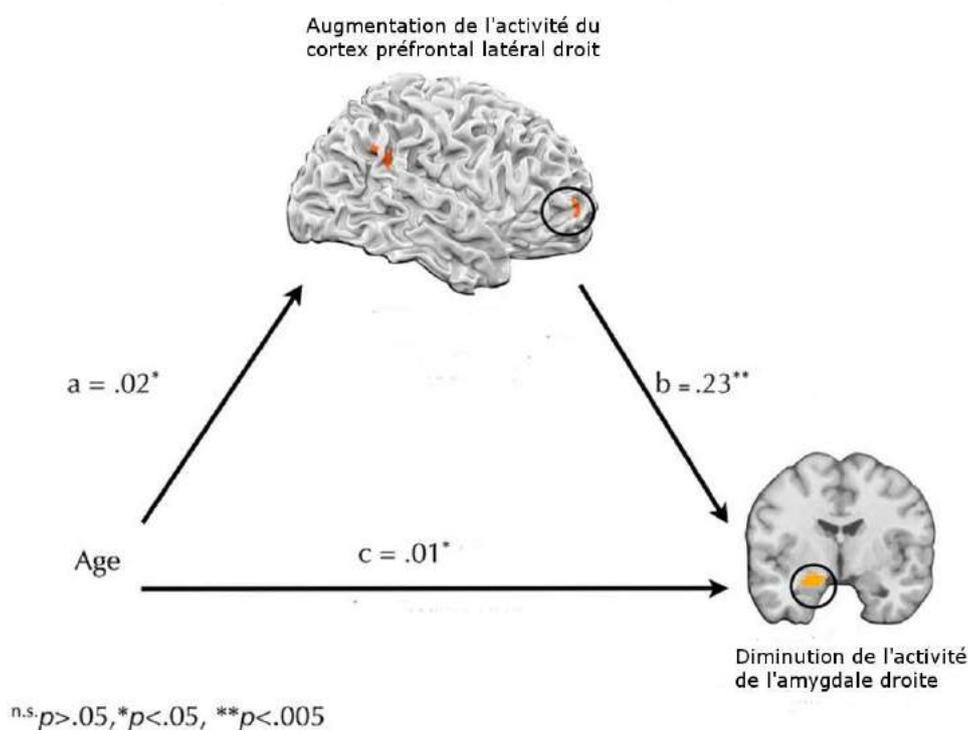
Les émotions continuent à évoluer au fil des années et l'avancée en âge induit à son tour un certain nombre de changements dans les processus émotionnels. Il apparaît notamment des difficultés d'identification des émotions par le canal visuel liées à la diminution des capacités de balayage visuel (Wong et al. 2005) (Sze et al., 2012) mais également des difficultés accrues dans la reconnaissance vocale de la colère (Ryan et al., 2010), de la tristesse, de la peur et du bonheur via les expressions corporelles (Ruffman et al., 2009). Toutes modalités confondues les personnes âgées ont particulièrement des difficultés dans la reconnaissance de la colère et de la tristesse (Ruffman et al., 2008). Ainsi il est fait état d'un biais de positivité avec l'âge par une préservation, voire une amélioration (Leppanen et Hietanen 2003) de la reconnaissance des émotions positives et une altération des émotions négatives (Orgeta et Phillips, 2008). Aussi la modalité olfactive semble renforcer cette identification puisqu'il a été démontré que la présence d'odeurs agréables accélérât la vitesse de reconnaissance de la joie (Leppanen et Hietanen 2003).

Cette différence dans la perception des émotions avec l'âge a été étudiée via des analyses en IRMf et il a été montré que ce ne sont pas les mêmes zones cérébrales qui sont activées chez les personnes âgées et chez les jeunes adultes notamment pour la joie (Gunning-Dixon et al., 2003). En effet, lors de la visualisation de visages heureux les personnes âgées ont montré une activité accrue dans le cortex préfrontal ventromédian, le gyrus lingual et le cortex

prémoteur, tandis que les jeunes adultes recrutent l'amygdale, le cortex préfrontal ventromédian, les régions préfrontales latérales et pariétales inférieure bilatérales et les zones temporales supérieures (Keightley et al., 2007).

Toujours en IRMf, mais cette fois au niveau des capacités de régulation des émotions, une réduction plus importante et plus rapide de l'activation amygdalienne suite à la présentation de stimuli négatifs a été retrouvée chez les personnes les plus âgées (Silvers et al., 2014)(figure 1). Celle-ci est associée à une hyperactivité dans les connexions entre le cortex cingulaire antérieur et le gyrus frontal inférieur et une hypoactivité entre le cortex cingulaire antérieur et le thalamus (Cao et al ; 2014).

Figure 1 : Effet de l'âge sur la diminution de l'activité amygdalienne en lien avec l'augmentation du cortex préfrontal (adapté de Silvers et al., 2014).



Dans cette figure est représenté l'effet de l'âge sur l'augmentation de l'activité du cortex préfrontal latéral droit ($\beta = 0,02$, $t(54) = 2,46$, $p < 0,05$) et la diminution de l'activation de l'amygdale ($B = 0,01$, $t(54) = 2,61$, $p < 0,05$) lors d'une situation de régulation émotionnelle face à des images négatives. Il est à noter que, quelque soit l'âge des participants, l'activité du cortex préfrontal prédisait l'activation amygdalienne ($\beta = 0,23$, $t(53) = 4,06$, $p < 0,001$).

Cette étude rejoint le constat d'une hyperactivité frontale chez les personnes âgées qui est associée à de meilleures capacités de régulation émotionnelle dans cette population (Sims et al., 2015). Néanmoins, d'autres études nuancent cette observation en mettant en évidence que la régulation des émotions serait meilleure pour les personnes âgées seulement dans la composante comportementale mais non dans la composante physiologique (Vieillard et al.,

2015). Enfin, au niveau des stratégies de régulation utilisées, toutes les études ne s'accordent pas puisque pour Scheibe et son équipe, les personnes âgées vont opter pour une stratégie de détournement attentionnel, et donc de suppression émotionnelle tandis que les jeunes adultes vont opter pour une stratégie de réévaluation cognitive (Scheibe et al., 2015) alors que Devereux et son équipe (Devereux et al., 2015), à l'inverse, montrent la mise en place majoritaire de techniques de régulation de l'ordre de la réévaluation de l'émotion. Quant à l'efficacité de ces techniques des résultats tirés d'enquêtes et de questionnaires montrent que les aînées ont un ressenti de plus grande efficacité de leur régulation des émotions (Gross et al., 1997) et que, face à de courts films émotionnels, les émotions négatives sont plus efficacement régulées par les personnes âgées via une stratégie réévaluative (Phillips et al., 2008). La présence, au sein de la littérature, de résultats nuancés et incomplets ont incité des auteurs à souligner l'importance de réaliser davantage d'études concernant l'effet de l'âge sur l'efficacité de diverses stratégies de régulation émotionnelle (Charles et Carstensen, 2010).

3. L'apport des neurosciences.

3.1. Une question de réseaux.

Il paraîtrait réducteur de considérer les structures cérébrales émotionnelles comme des composants isolés comme ce fut le cas pour les composantes émotionnelles. Et pourtant, durant longtemps, il a été fait référence au cerveau « émotionnel » d'une part et au cerveau « social » de l'autre. En effet, même si un trouble peut affecter une composante propre, à l'image des différents domaines d'apathie, l'interaction entre chacune d'elle est perpétuelle. Et malgré les connaissances actuelles en neurosciences, les structures cérébrales sont encore rarement envisagées de façon hodotopique et l'amygdale demeure le plus souvent identifiée comme le cerveau dit « émotionnel » (Pessoa et Adolphs, 2002) et le cortex préfrontal le cerveau dit « social » (Fossati, 2012). Les connaissances au sein de cette vision dichotomique se sont donc accumulées faisant état du rôle spécifique de chacune de ces deux structures. Ainsi, il fut mis en évidence une augmentation de l'activation amygdalienne plus importante pour les stimuli émotionnels évoquant la peur (Murphy et al., 2003; Phan et al., 2002), les objets animés plus que les objets inanimés (Santos et al., 2010; Yang et al., 2012) et les éléments vivants plus que non-vivants (Cao et al., 2014).

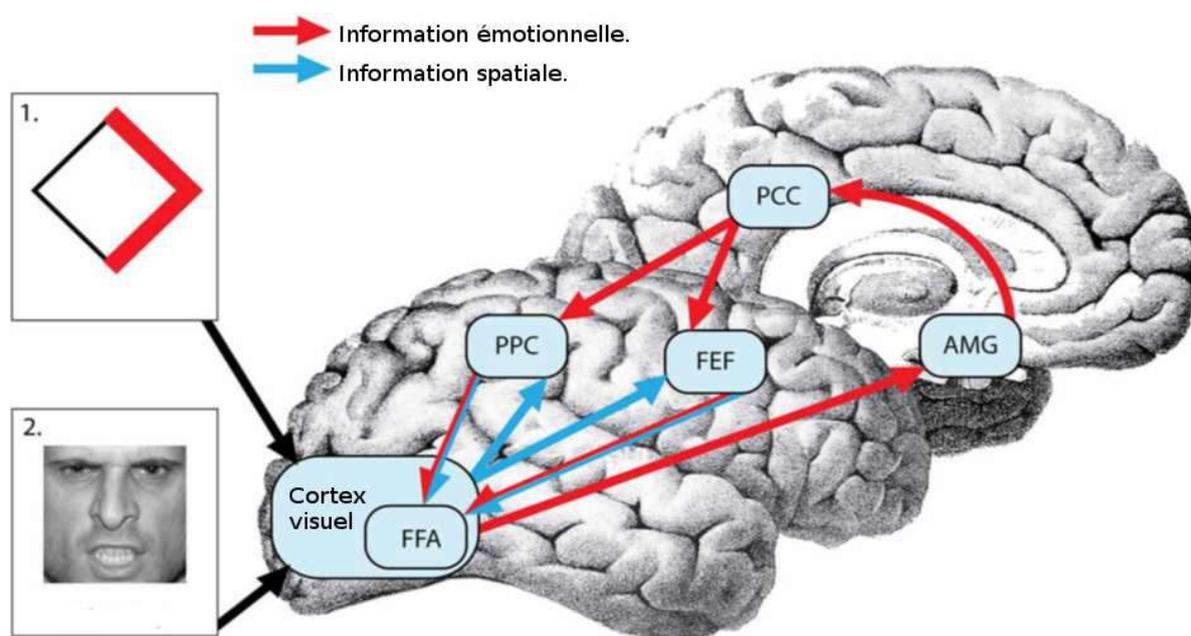
Les régions frontales ont quant à elles été associées au processus de régulation des émotions, et donc du ressenti considéré amygdalien, (Ochsner et al., 2002; Lévesque et al., 2003; Ochsner et al., 2004) que ce soit lors de la visualisation de scènes érotiques (Beauregard et al., 2001) ou de scènes impliquant des émotions négatives (Ochsner et al., 2002) telles que de la

tristesse (Lévesque et al., 2003) et la peur (Diekhof et al., 2011 ; Sotres-Bayon et al., 2004 ; Schaefer et al., 2002; Levesque et al, 2003, 2004; Kalisch et al., 2005; Phan et al., 2005; Ohira et al., 2006).

Néanmoins, et même s'il en est rarement directement fait état, la mise en évidence de différences d'activations selon les stratégies de régulation émotionnelles utilisées (Ochsner et al., 2004; Diekhof et al., 2011; Urry et al., 2006) démontre à quel point le fonctionnement émotionnel est une question de réseau.

Ce réseau, ou plutôt ces différents réseaux, seraient notamment constitués d'une composante attentionnelle (Yang et al., 2012; Pessoa et Ungerleider, 2004; Blair et al, 2007) qui permettrait, en renforçant la représentation dans le cortex temporal et le cortex visuel, de centrer l'attention sur les stimuli saillants (Pessoa et al., 2002; Mitchell et al., 2007). De même, selon la catégorie de l'objet présenté (Kanwisher et Yovel, 2006; Beauchamp et al., 2003; Nguyen et al., 2014; Pelfrey et al., 2005; Beauchamp et Martin, 2007) et selon le contenu émotionnel (Lerner et al, 2012 ; Amting et al., 2010), les réseaux impliqués seraient distincts. Et, en plus d'être distincts, ces réseaux seraient à double sens puisque la composante attentionnelle influencerait le ressenti émotionnel mais que le ressenti émotionnel influencerait également l'attention de manière inconsciente (Moriya et Tanno, 2011; Brosch et al., 2011; Carretié et al., 2013 ; Carretié, 2014) ou volontaire (Hopfinger et al., 2000 ; Treue et Martinez Trujillo, 1999 ; Mohanty et Sussman, 2013).

Figure 2 : Représentation de la régulation émotionnelle selon le facteur attentionnel (adaptée de Mohanty et Sussman, 2013).



1) L'information première provient d'une cible attentionnelle et est traitée dans le cortex visuel.

2) *L'information émotionnelle traitée par le cortex visuel est analysée par l'amygdale (AMG) et projetée sur le cortex pariétal postérieur (PPC) par le cortex cingulaire postérieur (PCC). D'autre part l'information spatiale est encodée et projetée depuis le cortex visuel sur le cortex pariétal postérieur. Le cortex pariétal postérieur analyse ainsi à la fois les informations attentionnelles et émotionnellement saillantes pour produire un modèle intégré de haut en bas. Cette figure montre que le traitement de l'information attentionnelle est dépendant du traitement émotionnel préalable de la cible.*

3.2. Attention aux émotions.

Les effets des émotions sur la composante attentionnelle ont souvent été perçus comme délétères et il est notamment reconnu que l'état anxieux est source de perturbations cognitives (Vytal et al., 2013) et cela particulièrement au niveau des ressources attentionnelles visuo-spatiales (Shackman et al., 2006) et de l'action dirigée vers un but (Eysenck et al, 2007). Néanmoins, une anxiété provoquée de manière expérimentale peut améliorer la vigilance et la potentialisation des réponses corticales sensorielles précoces face à des stimuli menaçants (Clarke et Johnstone, 2013; Morriss et al., 2013). De même, l'expression faciale de peur peut améliorer l'acquisition sensorielle en élargissant le champ visuel, et en augmentant la vitesse des mouvements oculaires et la quantité d'air inspirée (Susskind et al., 2008).

Dans tous les cas, l'émotion peut générer un biais d'évaluation cognitive de par l'effet qu'elle génère sur la composante attentionnelle. En ce sens il apparaît nécessaire de pouvoir réguler ses émotions. Pour ce faire, une variété de stratégies cognitives implicites et explicites existe (Webb et al, 2012). Les stratégies implicites sont involontaires et se produisent sans effort alors que les stratégies explicites sont volontaires et exigent un degré de contrôle émotionnel.

La stratégie explicite la plus communément utilisée pour réguler ses émotions est l'évitement attentionnel et donc le fait de détourner son attention des stimuli riches en émotions (Xing et Isaacowitz, 2006 ;Egloff et al., 2006; Ehring et al, 2010). Il est montré que les patients phobiques utilisent le détournement attentionnel pour rediriger leur attention endogène afin de réguler leur peur (Grupe et Nitschke, 2013) alors, qu'à l'inverse, les patients atteints de stress post-traumatique portent une attention excessive à des indices émotionnellement saillants (Wald et al, 2013). Une de ces stratégies d'évitement consiste notamment à porter attention sur sa respiration durant la présentation d'images négatives (Arch et Craske, 2006).

Néanmoins certaines pathologies émotionnelles peuvent altérer ces stratégies. C'est le cas notamment des troubles anxieux dans lesquels il est mis en évidence des biais attentionnels à la menace (Peers et al, 2013). Afin d'évaluer les troubles de ce type, McHugo et al. (2013) ont montré l'intérêt d'utiliser le clignotement attentionnel, défini comme la cécité induite par l'émotion, pour quantifier la capture de l'attention par les signaux émotionnels. Cette tâche permettrait de calculer le temps nécessaire chez les patients pour se désengager de l'effet

émotionnel et pour recentrer son attention vers un but. Un tel type de paradigme semble ainsi s'avérer intéressant pour modifier explicitement les biais attentionnels dans le cadre de processus psychopathologiques (Schmidt et al., 2009; Hakamata et al., 2010). En effet Bar-Haim et Pine (2010) et son équipe ont montré que la modification de la polarisation de l'attention (ABM) est une thérapie émergente pour les troubles anxieux qui se base sur des modèles cognitifs actuels de l'anxiété, et des données expérimentales établies sur les biais attentionnels liés à la menace.

4. Evaluation des émotions.

4.1. La composante cognitive.

La composante cognitive est décrite comme la capacité d'évaluation d'un sujet de son propre état émotionnel. Elle rassemble ainsi la conscience du sujet de ses sensations émotionnelles et donc de ses composantes émotionnelles physiologiques et expressives ainsi que la conscience du sujet de sa composante cognitive elle-même. Elle est actuellement majoritairement évaluée par des instruments d'auto-évaluation. Néanmoins ce type d'évaluation comporte un certain nombre de biais, dont le plus important est le biais de désirabilité sociale (Crowne et Marlowe, 1960). Ce type de biais se caractérise par la tendance de l'individu à vouloir se présenter sous la forme la plus acceptable socialement. Il serait déclenché par deux facteurs que sont la nature des questions, notamment quand les sujets sont d'ordre intime, et la présence d'un examinateur (Nass et al., 1999).

Il est supposé que le deuxième facteur déclenchant, la présence de l'examineur, peut être évité par une passation via ordinateur, néanmoins il n'existe aucun consensus sur cette donnée. En effet, si pour certains auteurs la passation informatique favorise le sentiment d'anonymat et donc la sincérité (Martin et Nagao, 1989), pour d'autres, ce type de passation engendre un sentiment inverse (Lautenschlager et Flaherty, 1990).

Plus que le medium utilisé, la plupart des études, insiste sur l'effet de la présence de l'examineur, qu'elle soit virtuelle ou non (Richman et al., 1999; Hassanein et Head, 2007; Wang et al., 2007). Ces études, ayant souligné la présence du biais de désirabilité sociale lors de présences virtuelles telles que des photographies, peuvent nous interroger sur la majoration de ce biais lors de la mise en place d'avatars au sein de tests informatisés. Aussi, il est mis en évidence que plus cette présence, virtuelle ou non, serait attractive pour le sujet plus ce dernier aurait tendance à émettre des réponses positives socialement. Cette attractivité serait composée de trois dimensions principales (McGuire, 1985) que sont la similarité, la

familiarité et la sympathie. Ainsi, plus un avatar serait réaliste et donc la ressemblance supposée entre la source et le receveur du message étroite, plus les biais dans la passation de tests de ce type seraient élevés.

Les questionnaires d'auto-évaluation utilisés peuvent se distinguer selon s'ils mesurent la composante cognitive de la composante cognitive elle-même ou la composante cognitive de la composante expressive et/ou physiologique. Parmi les auto-questionnaires évaluant la composante cognitive de la composante physiologique on retrouve le Differential Emotions Scale (DES) (Ouss et al., 1990) qui se compose de trente adjectifs correspondant à dix états émotionnels, la Brief Mood Inventory Scale (BMIS) (Niedenthal et Dalle, 2001) proposant seize adjectifs, et la Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) (Watson et al., 1988) quant à elle composée de vingt adjectifs. L'ensemble de ces tests contient une approche principalement catégorielle des émotions.

D'autres échelles mesurent davantage la composante cognitive de la composante expressive des émotions. Au sein d'elles, la mesure la plus utilisée est la Self-Assessment Manikin scale (SAM) (Bradley et Lang, 1994) qui est une échelle graphique déclinée en neuf degrés par le biais d'une figurine (visage joyeux à une extrémité, visage triste de l'autre, pour la dimension plaisir-déplaisir).

Plus récemment des auto-questionnaires évaluant la composante cognitive elle-même se sont développés et renvoient à la notion de régulation émotionnelle "à priori" puisque demande au sujet de répondre sur ces capacités de régulation des émotions hors contexte, sans qu'il n'ait ressenti l'émotion proposée. Parmi ces tests on retrouve le Kentucky Inventory of Mindfulness Skills (KIMS) (Baer et al., 2004) qui évalue les composantes attentionnelles de la régulation émotionnelle dans la vie quotidienne, l'ERQ (Emotion Regulation Questionnaire) (Gross et John, 2003) qui apprécie deux types de stratégies de régulation des émotions: celle de suppression et celle de réévaluation cognitive, et le Leahy Emotional Schema Scale (Leahy, 2002) qui mesure à la fois les stratégies de régulation émotionnelle et le ressenti face aux stratégies utilisées.

4.2. La composante comportementale et expressive.

La composante comportementale et expressive constitue l'ensemble des phénomènes extérieurement visibles capables de traduire une émotion. Il apparaîtrait que 93% de notre communication est non verbale et que la façon la plus expressive dont les humains éprouvent des émotions est à travers des expressions faciales et corporelles (Mehrabian, 1968).

4.2.1. Expression faciale.

Le pionnier dans l'évaluation de la composante expressive des émotions au niveau facial est Duchenne de Boulogne. Il fut le premier, dès 1862, à décrire certains mécanismes physiologiques sous-jacents à l'expression faciale des émotions. Dix ans plus tard, Charles Darwin, en s'inspirant de ses travaux, va chercher à démontrer l'existence d'expressions émotionnelles identiques chez des personnes de différentes cultures en évaluant les expressions faciales d'Anglais résidant dans huit parties du monde via un questionnaire (Afrique, Amérique, Australie, Bornéo, Chine, Inde, Malaisie et Nouvelle-Zélande). Néanmoins on peut reprocher à ce type d'évaluation d'être davantage une évaluation de la conscience de la composante expressive des sujets plus que la composante expressive elle-même.

En effet, le premier test en tant que tel mesurant la composante expressive des émotions est le Facial Action Coding System (Ekman, Friesen, 1978). Il est basé sur l'idée qu'une émotion correspond à différentes Unités d'Action (UA) standardisées qui codent la contraction d'un ou de plusieurs muscles précis selon son intensité, sa dynamique, ou son asymétrie. Le système FACS compte quarante-quatre Unités d'Action, et une expression émotionnelle est caractérisée par une combinaison d'UAs. Et, bien que, comme nous l'avons vu, nos expressions émotionnelles se soient modifiées au fil des avancées technologiques, les avancées technologiques s'appuient majoritairement encore sur cet ancien système.

Ces nouvelles techniques utilisent différents capteurs dits intrusifs, c'est-à-dire avec une partie placée sur ou dans le corps humain, ou non intrusifs. Dans un souci d'éthique et d'acceptabilité de ce système, ce sont les capteurs dits non intrusifs qui tendent à augmenter depuis quelques années. Les capteurs RGB-D (Red Green Blue-Depth) sont ceux les plus utilisés. Une caméra RGBD permet de fournir une image en 2D de la scène associée à une carte des profondeurs. L'information 3D peut être aussi obtenue par le biais de différentes techniques, telles que la stéréoscopie, qui nécessitent la mise en place de plusieurs caméras RGB pour reconstruire ensuite une image 3D. Afin d'extraire la forme du visage, les différentes techniques développées utilisent la localisation de points caractéristiques, le maillage ou encore les formes géométriques simples.

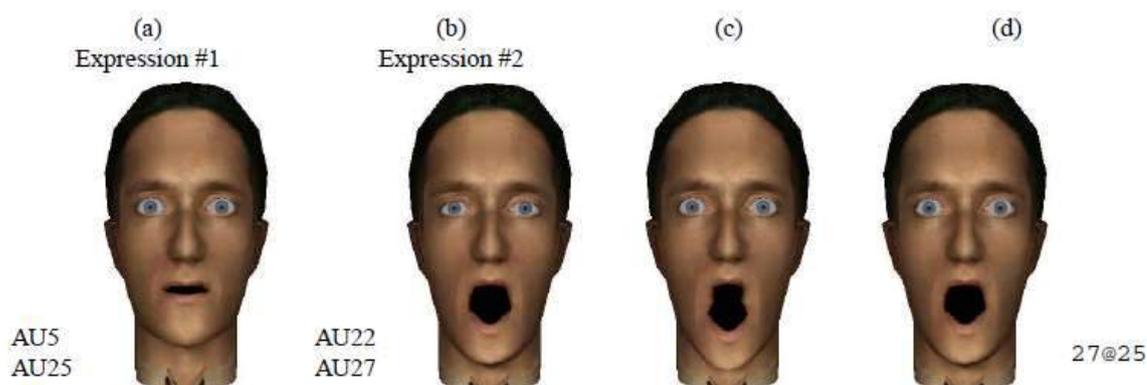
La localisation en points caractéristiques se définit par l'élaboration de vecteurs formés par les coordonnées 2D ou 3D de différents points d'intérêts. Un visage représenté par soixante-treize points caractéristiques en deux dimensions sera donc composé de cent quarante-six composantes. Ces composantes sont ensuite analysées de nouveau via une technique d'analyse en composantes principales (ACP) (Jolliffe, 1986), d'analyse en composantes

indépendantes (ACI) (Comon, 1994) ou par comparaison à un modèle de forme actif (ASM) (Cootes, 1995). L'ensemble de ces techniques a pour but de dégager les points pertinents parmi les nombreuses composantes précédemment extraites. Le maillage utilise la définition 3D pour caractériser le visage par des facettes triangulaires (Bernardini et al, 1999). Contrairement aux points caractéristiques, les maillages utilisent un grand nombre de points n'ayant pas de localisation physique particulière.

La dernière technique d'extraction est celle des formes géométriques simples. Elle correspond à définir la forme du visage par des équations simples correspondant à des formes simples. Par exemple l'iris est modélisé par une ellipse ou un cercle (Kim et Kim, 2007 ; Ryan et al., 2008).

A partir de là, les formes et points extraits devront avoir une signification émotionnelle et c'est à cette étape que de nombreuses recherches ont encore recours aux modèles d'Ekman et à l'idée des UAs. Néanmoins ce modèle pose un certain nombre de difficultés telles que la présence simultanée de plusieurs UAs. Il existe ainsi d'éventuels mouvements conflictuels intervenant pour la plupart dans la région de la bouche. Pour lutter contre ce problème, dans leur système d'animation faciale, Wojdel et al. (2003) ont proposé une approche utilisant la logique floue pour définir les dépendances entre les UAs.

Figure 3: Application de la logique floue afin d'éviter le conflit entre les différentes UAs (adapté de Wojdel et al., 2013).



Dans cette figure est présenté le modèle « UA Blender » qui a été réalisé afin que la combinaison des UAs ne génère pas de conflits entre les différentes UAs.

Ainsi, le modèle c représente la combinaison des UA 5 et 25 de l'expression 1 (a) et des UA 22 et 27 de l'expression 2 (b). Comme on peut le constater dans le modèle c les UA 25 et 27 entrent en conflit en générant une forme de bouche non physiquement possible. L'approche floue développée par les auteurs permet ainsi de créer le modèle d qui, via une règle d'exclusion, favorise UA 27 dans son interaction avec l'UA 25 et génère une forme de bouche plus réaliste que celle du modèle c.

Mais de nombreux chercheurs ont tendance à s'éloigner de ce modèle pour proposer des systèmes plus complexes. Cela vient du fait qu'une expression ne peut se définir seulement par une somme d'UAs, et cela particulièrement lorsque plusieurs canaux d'expression sont présents simultanément. Pour contrer ce problème Duy et son équipe (2004) ont développé un système en deux couches. La première couche permet de différencier six canaux d'expression. La seconde couche permet ensuite la combinaison de mouvements de ces différents canaux. Liu et Wu (2012) ont quant à eux démontré que certaines UAs devaient être prises en compte de manière simultanée pour une meilleure détection. L'utilisation des UAs pose également problème pour l'extraction d'informations de plus hauts niveaux. En effet beaucoup d'expressions non prototypiques existent et ne sont pas décrites dans le manuel FACS. En conclusion, bien que le traitement automatique du signal se développe de plus en plus pour l'analyse de la composante expressive des émotions, le recours à des modèles théoriques anciens apparaît comme une limite importante (Valstar et al., 2012).

4.2.1. Expression corporelle.

Actuellement, au niveau clinique, il n'existe pas d'échelles évaluant la composante comportementale seule à proprement parler. Ces troubles comportementaux sont néanmoins généralement compris au sein d'une évaluation plus globale et par le biais d'instruments psychopathologiques standardisés utilisant soit une approche catégorielle comprenant l'approche syndromique et utilisant des systèmes de critères diagnostiques (DSM-V, ICD-10), soit une approche dimensionnelle utilisant des échelles et des questionnaires de sévérité clinique. Ces échelles standardisées peuvent se composer soit d'items binaires comprenant deux alternatives ("oui/non", "présent/absent", "d'accord/pas d'accord", "juste/faux") rencontrés principalement en auto-évaluation, soit d'items ordinaux (échelles dites de Likert) avec la présence de différents paliers d'intensité (PANSS, MADRS), soit d'items dits visuels-analogiques où la réponse doit être indiquée sur une ligne continue. Selon la symptomatologie évaluée on distinguera les instruments d'évaluation globale de la pathologie et les instruments spécifiques d'une dimension. Selon les utilisateurs on distinguera les échelles d'hétéro-évaluation et les échelles d'auto-évaluations (questionnaires).

Les instruments spécifiques sont ceux qui comportent le plus de données comportementales au niveau émotionnel. Parmi les échelles les plus utilisées dans la dépression on retrouve :

-L'échelle de Hamilton ou HDRS (1967), dont il existe plusieurs formes, à 17, 21, 23, et 26 items et dont les données comportementales recensées portent principalement sur l'insomnie (en début de nuit, en milieu de nuit, au matin) et l'agitation (traduite par des secousses musculaires, le fait de jouer avec ses mains, ses cheveux, de ne pas parvenir à rester assis).

-L'échelle de Montgomery et Asberg ou MADRS (1979) comprenant dix items avec une observation comportementale en tant que telle située uniquement sur le sommeil (les autres items évaluant plus particulièrement le ressenti du patient).

-L'échelle de Bech-Rafaelsen ou BRMS (1979) comprenant onze items cotés de 0 à 4 et étudiant au niveau comportemental l'activité motrice (diminution, ralentissement des mouvements), l'émoussement affectif représenté par l'isolement et le manque d'activités sociales, le sommeil (dans sa durée et dans sa profondeur) et le degré d'activité.

- Le questionnaire de dépression de Beck ou BDI (1961) dont il existe 3 versions (et dont les items sont cotés de 0 à 3) et qui s'intéresse au niveau comportemental à la facilité à pleurer, l'appétit, l'intérêt pour les rapports sexuels.

Parmi les échelles les plus utilisées pour l'anxiété on trouve :

-l'échelle d'anxiété de Hamilton ou HARS (1959) comprenant 14 items cotés de 0 à 4 et portant plus spécifiquement au niveau comportemental sur l'insomnie (durée et profondeur du sommeil), des difficultés du contrôle respiratoire, des symptômes urinaires, génitaux et gastro-intestinaux difficiles à contrôler et le comportement anxieux pendant l'entretien (fait de trembler de tout son corps).

-l'échelle brève d'anxiété de Tyrer (1984) qui comprend 10 items cotés de 0 à 6 et portant sur le sommeil, les troubles neurovégétatifs et la tension musculaire (tensions dans le visage et la posture, mouvements raides et maladroits).

Dans certaines pathologies, des échelles comportementales spécifiques sont davantage utilisées. Ainsi dans la maladie d'Alzheimer l'inventaire neuropsychiatrique ou NPI (Robert et al., 1998), l'inventaire apathie ou IA (Robert et al., 2002) et l'Alzheimer's Disease Assessment Scale ou ADAS (Rosen et al. 1984) permettent respectivement de rendre compte des symptômes neuropsychiatriques, du niveau d'apathie et des troubles comportementaux.

Les nouvelles technologies semblent pouvoir permettre l'observation directe d'un certain nombre de symptômes comportementaux présentés ci-dessus (via les capteurs RGB-D, les capteurs de pression, l'actigraphie). Mais tous ne peuvent pas encore être identifiés via ces capteurs. De plus, les comportements anxieux ou agités présents au sein de ces échelles sont souvent peu précisés et détaillés (échelle de Covi (Lipman et Covi 1976) State-Trait Anxiety Inventory ou STAI de Spielberger (1983), etc..). Les capteurs environnementaux, de type RGB-D, pourraient pourtant fournir des descripteurs plus précis au sein de ces indicateurs et donc rendre plus spécifique l'évaluation.

4.3. La composante physiologique.

Contrairement à la composante expressive des émotions, la composante physiologique n'est pas directement observable. Elle comprend les activités cardiovasculaires, électrodermales et respiratoires et varie selon l'intensité de l'émotion générée.

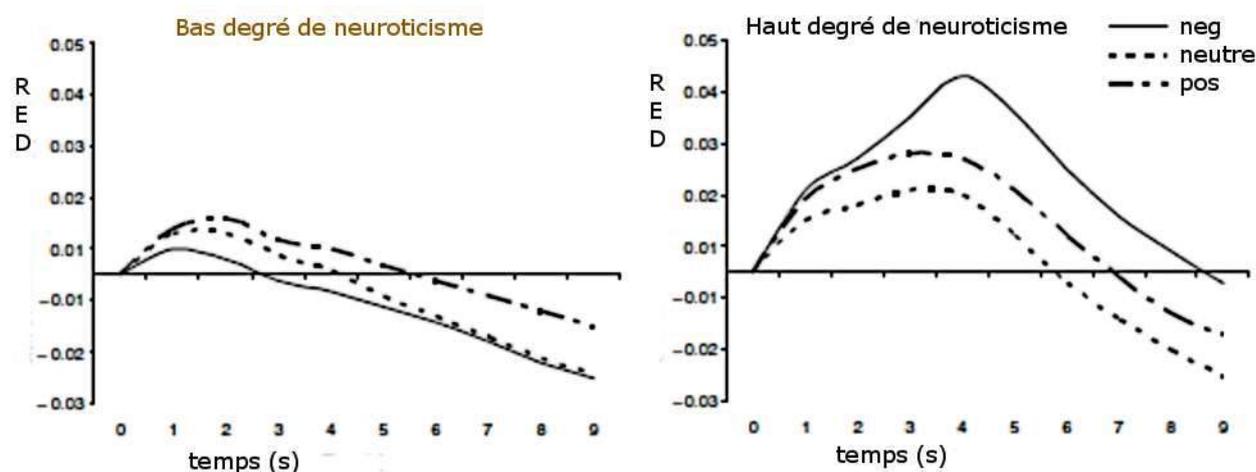
Au niveau cardiovasculaire, bien qu'il ait été démontré une décélération de la fréquence face à des stimuli désagréables (Bradley et al., 2001; Palomba et al., 2000) il apparaît que l'élément déterminant est l'intensité du stimulus utilisé. En effet il a été mis en évidence qu'à une certaine intensité un stimulus désagréable pouvait générer une augmentation de la fréquence cardiaque et que, à l'inverse, à une certaine intensité des stimuli agréables pouvaient également générer une décélération du rythme cardiaque (Christie et Friedman, 2004). Il n'a en revanche pas été mis en évidence d'effet de taille du stimulus utilisé (Codispoti et De Cesarei, 2007), ni d'effet différenciés selon le sexe du sujet testé (Codispoti et al., 2008).

L'activité électrodermale, du fait de sa relation avec l'activité du système nerveux autonome (Silva et al., 2012), est également un des indices physiologiques les plus fréquemment utilisés dans l'évaluation de la composante physiologique des émotions (Grapperon et al., 2012). Il a été mis en évidence une différence dans l'activité électrodermale selon le sexe seulement pour la tristesse (Fernández et al., 2012). Mais, tout comme pour la fréquence cardiaque, aucun effet de la taille du stimulus utilisé n'a été retrouvé (Sánchez-Navarro et al., 2006). Aussi, si l'émotion la plus activatrice au niveau cutané est la peur, des émotions implicites affectives suscitent également une modification au niveau électrodermal (Vico et al., 2010) qui est plus importante quant elle représente un sentiment amoureux romantique qu'un sentiment d'amour pour un membre de sa famille (Guerra et al., 2011). Cette différence semble liée à l'excitation et à l'intensité de cette excitation plus qu'à la force du sentiment en lui-même.

Au niveau des critères de mesure, l'amplitude de la réponse électrodermale reflète directement l'activation émotionnelle, et donc l'intensité de l'émotion (Sequeira et al., 2009) et constitue un indice du ressenti somatique de la réponse émotionnelle (Asahina et al., 2003). Une amplitude plus élevée de la réponse électrodermale est constatée lors de la présentation de stimuli émotionnels comparativement aux neutres (Lang et al., 1993) et cela que ce soit face à du matériel verbal (mots) (Manning et Melchiori, 1974) ou visuel (photographies) (Winton et al., 1984). De plus, il a été constaté une corrélation significative entre la composante cognitive des émotions (jugements d'intensité émotionnelle de photographies) et l'amplitude des RED associées davantage dans la modalité visuelle que dans les autres modalités (Bradley et Lang, 2000). Cela suppose une prise de conscience de l'effet émotionnel des stimuli seulement lorsqu'ils sont visibles. Cette notion de l'activation de la composante physiologique indépendamment de la composante cognitive a été mise en

évidence via l'observation de la RED dans des paradigmes implicites avec la présentation de stimuli hors du champ de la conscience (Silvert et al., 2004). Dans ce type de paradigmes il a été observé un effet de la personnalité avec une réponse électrodermale majorée chez les sujets en recherche de nouveauté et cela quelles que soient les catégories d'images présentées (Yoshino et al.; 2005). De même, les tempéraments influeraient sur les réponses émotionnelles inconscientes puisqu'il a été démontré que les sujets présentant un haut degré de neuroticisme montraient des réponses plus amples et plus longues que les témoins (Norris et al., 2007 ; Schuyler et al., 2014) alors que les sujets antisociaux présentaient des réponses électrodermales de moindre amplitude que des sujets contrôles (Fowles, 2000).

Figure 4 : Différence de la réponse électrodermale selon le degré de neuroticisme (adaptée de Norris et al., 2007).



Cette figure représente la réponse électrodermale (RED) en micro siemens face à des images négatives (neg), neutres, et positives (pos). Les images ont été présentées de 1 à 6 secondes. Comme on peut l'observer les sujets qui avaient un plus haut degré de neuroticisme (figure de droite) présentaient également une réponse cutanée plus élevée, et donc un ressenti physiologique plus important, que les participants avec un degré plus bas de neuroticisme (figure de gauche) et cela plus particulièrement pour les images négatives (ligne continue).

5. Les émotions troublées.

5.1. Des troubles de l'humeur aux pathologies neurologiques.

Des troubles dans les différentes composantes émotionnelles ont été recensés dans un grand nombre de pathologies et notamment dans les troubles de l'humeur. En effet, le trouble bipolaire a été associé à une réactivité émotionnelle majeure et à un défaut de régulation des émotions (Houenou et al., 2011) mais également à un défaut de reconnaissance émotionnelle

(Phillips et al., 2003 ; Murphy et al., 1999 ; Lembke and Ketter, 2002 ; Lyon et al., 1999 ; Malhi et al., 2007 ; Demirel et al., 2014) et particulièrement face à des stimuli négatifs (Gopin et al. 2011). Au niveau cérébral, d'un point de vue fonctionnel, les troubles de l'humeur sont caractérisés par une hyperactivité amygdalienne associée à une hypoactivité du cortex préfrontal (Phillips et al., 2003 ; Houenou et al., 2011) et il est suggéré que les réseaux fronto- limbiques sont un substrat anatomique clé pour l'apparition des symptômes (Bearden et al., 2001). Enfin il a été mis en évidence un intérêt particulier à étudier le traitement inconscient des stimuli émotionnels pour mettre en évidence l'hyperactivité amygdalienne présente dans les troubles de l'humeur (Lyon et al., 1999; Abler et al., 2007; Fu et al., 2004; Sheline et al., 2001).

Dans les pathologies neurologiques, et plus particulièrement dans la maladie de Parkinson, l'apathie a une prévalence allant de 17 à 70% (Aarsland et al, 2009). Le fait que l'apathie et la dépression, bien qu'étant des symptômes indépendants (Kirsch-Darrow et al, 2006), peuvent se chevaucher (Pedersen et al, 2009) rend la reconnaissance de l'apathie chez les patients parkinsoniens souvent difficile. Aussi, le développement d'outils pour la détecter apparaît crucial car l'apathie est un facteur prédictif de l'évolution de la démence (Dujardin et al, 2009), est associée à un dysfonctionnement cognitif particulièrement au niveau exécutif (Rodriguez-Oroz et al, 2000), et est en lien avec la majoration des troubles mnésiques (Butterfield et al, 2010). Tout comme dans les troubles de l'humeur il est mis en évidence un défaut de reconnaissance des émotions que ce soit au niveau auditif (Péron et al., 2014) ou au niveau visuel et plus particulièrement pour la peur et la tristesse (Ariatti et al., 2008). Enfin, et d'un point de vue fonctionnel, il est retrouvé une hypoactivité amygdalienne dès le début de la maladie (Tessitore et al., 2002) associée à un manque de réactivité face à des stimuli émotionnels (Bowers et al., 2006). La prévalence de l'apathie est également importante suite à des accidents cérébraux puisqu'elle se situe entre 38 et 43% post-AVC (Caeiro, 2012 ; Hama, 2011). La présence de cette dernière a un impact négatif sur la récupération (Caeiro, 2012), en particulier sur le fonctionnement quotidien (Van Reekum, 2005), et génère une augmentation des risques des suicides post-AVC (Tang, 2015). Enfin, il est également démontré chez ces patients une altération de la perception des émotions (Cooper et al., 2014) et de la régulation émotionnelle sous multiples de ses facettes (Cooper et al., 2015).

Dans les tumeurs cérébrales, la qualité de vie des patients est souvent affectée par une variété de symptômes, dont l'anxiété et la dépression sont les plus communs (Walbert et Chasteen, 2015). Il a également été démontré des défauts de reconnaissance des expressions faciales de colère chez les patients atteints d'un gliome frontal gauche (Mu et al., 2012) et il est supposé que les déficits émotionnels pourraient être à l'origine de certains autres troubles cognitifs

propre à la mémoire de travail (Mu et al., 2012). Ce défaut de reconnaissance des expressions faciales a été également retrouvé chez les enfants atteints de tumeurs et cela même suite à leur traitement. Il serait, selon les auteurs, une possible cause des interactions sociales déficitaires que ces enfants présenteraient dans la suite (Bonner et al., 2008). Au niveau de la régulation émotionnelle, il a également été montré un défaut dans la stratégie de contrôle cognitif chez des enfants traités d'une tumeur du cervelet (Hopyan et al., 2010). Enfin il a été mis en évidence une perte de la capacité de penser de manière spirituelle après chirurgie (Urgesi et al., 2010) et une réduction des pulsions sexuelles lors de résections temporales dans le cadre de gliomes diffus de bas grades particulièrement chez les hommes (Surbeck et al., 2015).

En résumé, il apparaît qu'un grand nombre de pathologies et de lésions peuvent générer des déficits émotionnels dont les mécanismes sous-tendant doivent être mieux compris et les évaluations plus fines et systématiques afin d'améliorer la qualité de vie des patients.

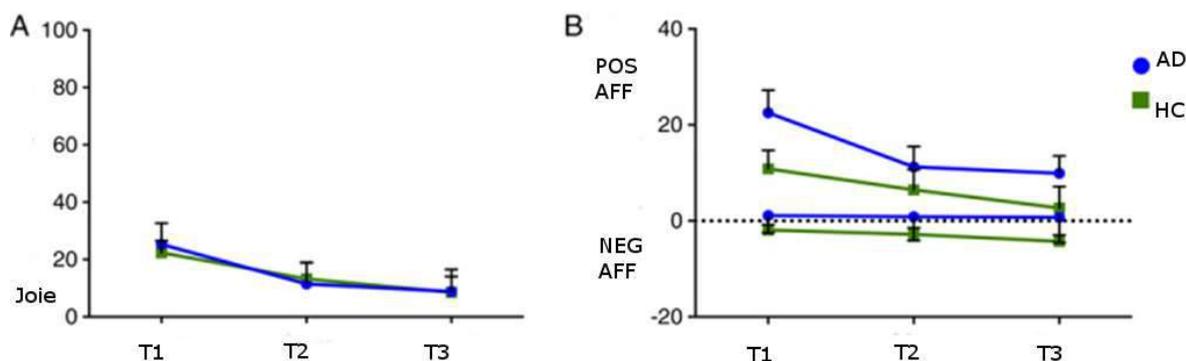
5.2. Dans la Maladie d'Alzheimer.

L'apathie est un des symptômes les plus associés à la fois à la maladie d'Alzheimer et à la déficience cognitive légère amnésique (MCI) (Lyketos, 2002; Apostovola, 2008). Sa gravité est corrélée au degré d'altération fonctionnelle et à l'évolution de la maladie (Wadsworth, 2012). Chez les patients MCI, l'apathie a été associée à une augmentation de la charge amyloïde (Marshall, 2013). Bien qu'un lien ait été établi entre l'apathie et l'atrophie du cortex frontal médial dans la maladie d'Alzheimer, la région précise qui serait concernée a varié selon les études (Bruen, 2008; Tunnard, 2011). Aussi, il a également été mis en évidence que la réduction de l'épaisseur corticale au niveau temporal était prédictive d'un développement de l'apathie (Donovan et al., 2014) et plus précisément au niveau amygdalien (Zhao et al., 2014). Nous pouvons supposer que cette différence vient du fait de la considération de l'apathie selon le domaine affectif ou plutôt comportemental auquel elle est reliée et de sa définition qui manque d'unicité (Robert, 2011).

D'un point de vue fonctionnel, les imageries métaboliques et perfusionnelles mettent en évidence une baisse du métabolisme observée dans le cortex temporo-pariétal des malades (Herholz, 2003) et dans le cortex temporal interne chez les patients MCI (Mild Cognitive Impairment) (Nestor et al., 2003). Cet hypométabolisme serait prédictif de la conversion des patients MCI en maladie d'Alzheimer lorsqu'il se trouve en région temporelle interne et qu'il n'est pas retrouvé en région frontale. Aussi, il a été mis en évidence un risque deux fois plus élevé chez les patients MCI présentant des symptômes apathiques de conversion en maladie d'Alzheimer (Robert et al., 2006).

Au niveau des tests émotionnels, il a été constaté un défaut de la reconnaissance des émotions et plus particulièrement pour les émotions dites discrètes (Torres et al., 2015) et les émotions utilisant le canal auditif (Templier et al., 2015). L'expression émotionnelle par le biais de la prosodie serait en revanche relativement conservée. L'altération de la reconnaissance des émotions de peur est la plus précoce (Hot et al., 2013) et la reconnaissance de la joie est en revanche la mieux préservée avec notamment un biais de mémorisation pour les visages positifs (Werheid et al., 2011). Au niveau de la réactivité émotionnelle il a été mis en évidence une réactivité négative moindre au niveau de la composante cognitive (auto-questionnaire) mais non expressive (analyse des expressions faciales) dans certaines études (Mograbli et al., 2012) et à l'inverse, une préservation chez les patients atteints d'une maladie d'Alzheimer au stade sévère de la réactivité émotionnelle et cela même si ces patients ne se souvenaient plus de ce qui avait provoqué l'émotion (Feinstein et al., 2010; Guzmán-Vélez et al. 2014). Aussi il semble en revanche admis que l'intensité émotionnelle des stimuli présentés a une action favorable sur les capacités mnésiques des patients et cela indépendamment de la valence des stimuli (Sundstrøm, 2011 ; Nashiro and Mather, 2011). Il est néanmoins à souligner que dans aucune de ces études la composante physiologique a été observée. Parallèlement au biais de positivité observée, les patients atteints de la maladie d'Alzheimer semblent également avoir des capacités de régulation émotionnelle robustes et automatisées (Zhang et al., 2015) et cela contrairement aux patients atteints de démence frontotemporale pour qui la régulation émotionnelle sans instruction préalable apparaît déficitaire (Goodkind et al., 2010). Enfin, il a été mis en évidence que les capacités de régulation des émotions étaient en lien avec les performances en fluidité verbale (Gyurak et al., 2009) et qu'il existait une interrelation puisque les performances en capacité verbale pouvaient également prédire les capacités de régulation des émotions (Gyurak et al., 2012).

Figure 5 : Ressenti émotionnel des patients atteints de la maladie d'Alzheimer malgré la perte mnésique.



Comme nous pouvons le voir dans la figure, il n'y avait pas de différence significative entre les patients atteints de maladie d'Alzheimer au stade sévère et les témoins, dans la joie (figure A), en T1 (juste après la visualisation des films émotionnels) ($F_{1,32} = 0,12$), en T2 (après le test de mémoire) ($F_{1,32} = 0,04$) et en T3 (évaluation finale) ($F_{1,32} = 0,00$). De même il n'y a pas eu de différences

significatives entre les affects positifs et négatifs ressentis en T1 (négatif: $F_{1,31} = 0,68$; positif: $F_{1,31} = 2,26$), T2 ($F_{1,31} = 0,40$; $F_{1,31} = 0,39$) et T3 ($F_{1,31} = 0,90$; $F_{1,32} = 0,87$) entre le groupe Alzheimer et le groupe témoin. Il est à noter que le ressenti a été évalué par le biais d'échelles analogiques.

Au-delà des pathologies émotionnelles, les changements technologiques semblent avoir modifié les composantes émotionnelles et leur fonctionnement au fil des années. En effet, les nouvelles technologies de l'information et de la communication ont en commun avec les émotions qu'elles font partie intégrante de notre quotidien et nous entourent constamment. Leur essor relativement récent peut ainsi avoir fait évoluer l'essence même de nos émotions.

Synthèse de la partie théorique I : les émotions.

Au sein de cette première partie théorique nous avons mis en évidence que les émotions se définissent comme la synchronisation de trois composantes: la composante cognitive, la composante comportementale et la composante physiologique. Ces composantes sont en interaction constante et cette interaction est décisive pour un développement émotionnel intact au fil de l'avancée en âge. Ainsi, une dysconnexion entre ces deux composantes peut être provoquée à la suite d'un traumatisme émotionnel vécu dans l'enfance. Chez les personnes les plus âgées, des modifications dans le fonctionnement émotionnel sont retrouvées avec une réduction plus importante et plus rapide de l'activation amygdalienne suite à la présentation de stimuli négatifs associée à une hyperactivité dans les connexions entre le cortex cingulaire antérieur et le gyrus frontal inférieur. Cela suggère des capacités de régulation émotionnelle plus efficaces chez les aînés mais ce constat diverge beaucoup selon les études et des auteurs ont souligné l'importance de réaliser davantage de recherches sur ce sujet.

Au niveau cérébral, l'interaction entre les différentes composantes émotionnelles est représentée comme une rue à double sens avec des réseaux composés de deux structures majeures, amygdale et cortex préfrontal, et constitués d'une composante attentionnelle. Une surréactivité émotionnelle pourrait ainsi générer des effets délétères sur les capacités cognitives mais une prise en charge axée sur la composante attentionnelle pourrait réduire également cette réactivité.

L'évaluation des différentes composantes émotionnelles s'avère essentielle car elles sont troublées dans un grand nombre de pathologies telles que les troubles de l'humeur, caractérisés par une hyperactivité amygdalienne associée à une hypoactivité du cortex préfrontal, la maladie de Parkinson, les accidents vasculaires cérébraux, les tumeurs cérébrales et la maladie d'Alzheimer. Dans la maladie d'Alzheimer, des troubles de la réactivité émotionnelle ont été rapportés mais l'ensemble des études ne s'accordent pas sur ce point. Les capacités de régulation des émotions chez ces patients semblent en revanche préservées et apparaissent en lien avec les performances en fluidité verbale.

L'évaluation des différentes composantes émotionnelles, malgré l'ensemble des troubles recensés, demeure néanmoins limitée. En effet, les composantes émotionnelles sont actuellement majoritairement évaluées par le biais d'échelles auto-rapportées qui comportent un certain nombre de biais tels que le biais de désirabilité. Ces troubles pourraient pourtant être évalués par des mesures objectives utilisant les nouvelles technologies telles que les capteurs portés et les capteurs environnementaux.

II. Les nouvelles technologies.

1. L'âge des nouvelles technologies en santé.

1.1. L'e-santé : de l'informatisation médicale à l'informatisation santé.

L'e-santé est un concept qui est apparu à la fin des années 1990 et qui était initialement mal défini. Elle apparaît, notamment par le biais du préfixe « e », comme indissociable des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Selon Eysenbach, elle fait référence aux services de santé et aux informations fournies grâce à Internet et aux technologies connexes qui permettent au patient d'accéder à des soins de qualité et d'être acteur de sa santé (Eysenbach, 2001). Néanmoins son historique apparaît encore plus ancien. En effet, dès 1980, de nombreux logiciels et programmes de gestion des dossiers médicaux ont fait leur apparition. Cette informatisation médicale était alors réservée aux professionnels et non communicante. Mais ce n'est qu'à partir de 1995, avec la démocratisation d'internet, que vont naître certains projets, tels que la messagerie Apicrypt, permettant de faire communiquer entre eux les acteurs de santé. Sur le plan international, c'est le 26 juin 1997 qui constituera une date clé puisqu'il sera décidé que la base de données bibliographique Medline soit accessible à tous gratuitement (Backus et Lacroix, 2005). En France, c'est le mouvement de réforme du système de santé publique qui va correspondre chronologiquement au développement des TIC et notamment d'Internet. Il fut d'ailleurs indiqué par le Programme d'Action Gouvernemental pour la Société de l'Information (PAGSI), adopté en 1998, que la modernisation des systèmes d'information du secteur sanitaire et social était une priorité. Et en effet, les technologies d'information et de communication représentent une solution à la pénurie grandissante des professionnels de santé et les longs délais d'attente (Kaltenthaler et al., 2008).

C'est dans ce contexte que naîtra, en 1999, l'association des Médecins Maîtres-Toile Francophones qui fédérera les premiers médecins webmasters français. Aussi, et au début des années 2000 les sites de ce type demeurent à sens unique (le patient lit et le médecin écrit) et la e-santé en général manque d'une organisation centralisatrice (Dupagne, 2011).

Mais cette communication à sens unique va être rapidement bouleversée par l'accès permanent et peu onéreux au web avec l'arrivée de la « Médecine 2.0 » (ou « Santé 2.0 ») et la multiplication des forums de discussion (Giustini, 2006 ; Eysenbach, 2008). Cette prestation par Internet des soins de santé a l'avantage de surmonter les obstacles de temps, de mobilité et d'éloignement géographique (Griffiths et al., 2006). De plus, elle offre un accès rapide à l'information ainsi qu'à la possibilité de communiquer avec des professionnels et/ou avec ses pairs (Schubart et al., 2011). Les interventions en santé électronique se sont révélées

efficaces pour une large gamme d'indications dans le domaine émotionnel telles que le stress (Sjöström et al., 2015), les attaques de panique (Carlbring et al., 2003) ou encore la dépression (Pugh et al., 2016 ; Richards and Richardson, 2012) et sont en constante évolution (Schneider et al., 2014). Aussi, l'efficacité de ce type d'intervention semble particulièrement dépendante de la personnalisation aux besoins individuels spécifiques par l'effet sur l'engagement des utilisateurs (Johansson et al., 2012; Schubart et al., 2011).

Enfin, il a été mis en évidence que ce sont les femmes qui sont le plus en recherche d'information santé sur internet. Cela semble en lien avec les types de pathologies qui peuvent les affecter et sur lesquelles elles souhaitent rester discrètes (telles que les affections gynécologiques) (Koch, 2006; Buurman et Lagro-Janssen, 2013) ainsi qu'avec leur manque de temps disponible en regard de leurs responsabilités professionnelles et personnelles (Bertakis et al., 2000).

Néanmoins, si la « Médecine 2.0 » a permis au patient de devenir acteur de sa santé, elle a également eu pour conséquence, du fait de la multiplication des forums de discussions, une baisse progressive du crédit accordé aux professionnels de santé (Eysenbach, 2008) à la faveur des opinions générées par l'e-communauté.

1.2. Télésurveillance médicale : entre avancées technologiques et acceptabilité.

Au sein de l'e-santé est née également la télémédecine considérée comme l'utilisation d'informations médicales pour améliorer la santé des patients par la communication électronique (Harrop et al., 2006). L'histoire de la télémédecine date de plus de cinq décennies et a présenté trois étapes d'évolution majeures à savoir les modalités synchrones versus asynchrones, le transfert de données et le stockage, et l'automatisation de la prise de décision et de la robotique (Whitten et Sypher, 2006). Elle représente actuellement cinq types d'actes différents que sont la téléconsultation, la téléexpertise, la télésurveillance médicale, la téléassistance médicale et la régulation médicale. Nous nous intéresserons ici plus particulièrement à la télésurveillance médicale qui consiste à l'enregistrement et à la transmission des données médicales du patient à distance. Au-delà de la technologie, la télésurveillance médicale a fourni une nouvelle organisation de santé et a modifié les relations médecin-patient en rendant à nouveau le patient davantage acteur de sa santé (Snyder et al., 2011 ; Grando et al., 2015). Elle a ainsi permis une surveillance à distance par le médecin et le patient lui-même de son niveau de stress, sa qualité de sommeil ou encore son activité physique (Honka et al., 2011). Elle a un rôle important dans la prévention du diabète de type II, des maladies coronariennes et des accidents vasculaires cérébraux à une époque où les maladies liées au mode de vie augmentent à un rythme alarmant (Korhonen et al., 2010).

Cependant, et malgré l'investissement important fourni en ingénierie, et en recherche et développement, il a été démontré qu'il n'y avait pas encore de preuves concluantes quant au fait que ce type d'interventions étaient rentables par rapport aux soins de santé classiques (Mistry, 2012). Aussi, ces nouvelles technologies semblent rencontrer un certain nombre d'obstacles empêchant leur généralisation. Parmi les obstacles à l'application et la généralisation de l'informatisation des données des patients il est fait état majoritairement des problèmes liés aux aspects techniques (lenteur du système, arrêts innopinés) (Lium et al., 2008 ; Sequist et al., 2007 ; Hier et al., 2005 ; Moody et al., 2004 ; Likourezos et al., 2004 ; Christensen and Grimsmo, 2008 ; Laerum et al., 2004), des défauts d'interopérabilité (Ferris et al., 2009 ; Greenhalgh et al., 2008 ; Davidson and Heslinga, 2006) et des problématiques relevant de la confidentialité (Greenhalgh et al., 2008 ; Randeree, 2007 ; Martin et al., 2007 ; Thakkar and Davis, 2006 ; Chronaki et al., 2007 ; Mannan et al., 2006).

La facilité d'utilisation est perçue, quant à elle, à la fois comme un élément facilitateur (Ovretveit et al., 2007 ; Hassol et al., 2004 ; Aubert and Hamel, 2001) et un obstacle (Ferris et al., 2009 ; Greenhalgh et al., 2008 ; DesRoches et al., 2008 ; Miller and Sim, 2004 ; Darbyshire, 2004), tout comme la motivation à l'utilisation qui est vue positivement (Lium et al., 2006 ; Zurita et Nøhr, 2004 ; Dagnone et al., 2006 ; Jensen et Aanestad, 2007) ou négativement selon la résistance au changement (Rahimi et al., 2008) et le manque de connaissance des utilisateurs (Honeyman et al., 2005).

Tableau 1 : Barrières à l'informatisation des données selon quatre études menées de 2004 à 2006 (adapté de Thakkar and Davis, 2006).

Organisations	Fonction des répondants	Nombre de répondants	Barrières
Healthcare Financial Management Association (HFMA), 2006	Cadres de santé	176	Descripteurs utilisés, compréhension des données (62%). Manque de financement disponible (59%).
American Hospital Association (AHA), 2005	Directeurs d'hôpitaux	900	Coûts initiaux, coûts de déploiement et coûts de maintenance. Manque d'interopérabilité avec les systèmes actuels.
Medical Records Institute (MRI), 2005	Prestataires hospitaliers	280	Manque de ressources adéquates (57%). Incapacité de trouver des systèmes d'informatisation à un coût abordable (40%).
Healthcare Informatics, 2004	Directeurs et gestionnaires hospitaliers	284	Manque de financement (45%) Acceptabilité des médecins (38%)

Ce tableau recense les résultats de questionnaires issus de quatre enquêtes menés auprès de directeurs d'hôpitaux, cadres de santé et prestataires hospitaliers. Les principales barrières retrouvées sont liées au manque de financement disponible, aux coûts de la technologie, à l'interopérabilité et la gestion des données ainsi qu'à l'acceptabilité par les médecins.

Mais il apparaît que le succès de la télésurveillance médicale, et de la télémédecine en général, dépend surtout des utilisateurs finaux et de la façon dont elle est mise en œuvre (Obstfelder et al., 2007). Ainsi, des modèles pour prédire les facteurs de succès ont été proposés, tels que le modèle d'acceptation de la technologie (TAM) (Hu et al., 1999). Ce modèle affirme que la facilité d'utilisation perçue et l'utilité perçue déterminent l'acceptation d'une technologie dans un contexte donné. Et, bien que ce modèle a été jugé fiable de manière théorique, il s'est avéré erroné lorsqu'il a été testé dans le secteur de la santé (Chismar and Wiley-Patton, 2003 ; Spil et Schuring, 2006 ; Jayasuriya, 1998 ; Chau et Hu, 2002). Ce constat permet de comprendre pourquoi, bien qu'il ait été démontré que la télémédecine soit perçue positivement par le monde médical, que ce soit en terme d'utilisation ou d'utilité (Ruiz Morilla et al., 2017), la généralisation de cette dernière n'a pas encore eu lieu.

L'acceptabilité et l'utilisation semblent également dépendre des générations d'utilisateurs concernées. Car si les avancées technologiques ont évolué à travers les âges, l'âge des utilisateurs impacte également sur l'évolution technologique.

2. Les nouvelles technologies à travers les âges.

2.1. Digital natives.

Eduqués au numérique et par le numérique, les jeunes enfants sont habitués de plus en plus tôt à utiliser des tablettes et smartphones et intègrent dès leur plus jeune âge les nouvelles techniques d'information et de communication. Que ce soit dans l'éducation ou la santé, les nouvelles technologies sont ainsi de plus en plus utilisées pour apprendre ou soigner. Le goût des enfants pour les nouvelles technologies apparaît évident quand on les considère comme un medium de jeu. Et c'est aussi pour cette raison que les nouvelles technologies destinées aux enfants ont des particularités communes aux jeux dits « traditionnels ». En effet on peut déjà remarquer que la plupart des nouvelles technologies sont connotées en genre pour les enfants, que ce soit au niveau de la couleur du matériel ou au niveau sémantique par la trame de l'histoire ou le héros représenté. Ainsi il est davantage utilisé des jeux d'aventure, de sport, et de combat pour les garçons et des jeux dits « roses » pour les filles (Cassell et Jenkins, 1998). Il est également porté attention à la conservation du rapport dans le corps dans le jeu, principalement pour des questions de santé publique (lutte contre l'obésité et la sédentarité) et

afin d'exiger des joueurs des séries de mouvements corporels (Cabello, 2009). Mais cet aspect corporel est d'autant plus important qu'il semble stimuler la motivation d'apprentissage chez les enfants. En effet, il a été démontré que l'interactivité sensori-motrice dans un monde virtuel implique une motivation d'apprentissage accrue chez les apprenants (Kartiko, Kavakli et Cheng, 2010).

Au-delà de l'activité physique, les nouvelles technologies pour les enfants sont également majoritairement utilisées dans un aspect éducatif dont l'apprentissage des sciences naturelles ou de l'anatomie (Shim et al., 2003). Mais, plus que l'aspect éducatif pur, c'est dans l'éducation thérapeutique des enfants que les nouvelles technologies s'avèrent les plus présentes. La réalité virtuelle a notamment servi à expliquer aux jeunes patients sourds le fonctionnement des implants cochléaires (Körkkö, Huttunen et Sorri, 2001). Et les serious games, medium le plus courant dans ce domaine, sont utilisés dans l'éducation thérapeutique pour les enfants diabétiques (Chomutare et al., 2016 ; Chomutare et al., 2016 ; Joubert et al., 2016), asthmatiques (Drummond et al., 2017) ou présentant d'autres maladies chroniques (Charlier et al., 2016). Une revue de la littérature a mis en évidence que, bien que ces jeux aient été capables d'améliorer la connaissance des jeunes, l'impact direct sur les comportements de santé n'avaient pas été étudiés (Charlier et al., 2016).

En résumé, s'il apparaît que les nouvelles technologies conservent des particularités communes aux jeux traditionnels, elles semblent offrir davantage de possibilités dans le domaine de la santé mais sont également à risque de générer des déficits attentionnels à type d'hyperactivité (Tateno et al., 2016) et n'ont pas encore apporté de preuve significative de leur efficacité dans la vie quotidienne (Charlier et al., 2016).

2.2. Digital living.

Chez les adultes, les nouvelles technologies sont le plus souvent utilisées pour simplifier les actes de la vie quotidienne, gagner en rapidité et en performance, ou encore simuler des situations qui ne sont pas ordinaires dans la vie réelle. Elles peuvent prendre plusieurs facettes, telles que la robotisation du matériel, l'informatisation des données et la domotique. Nous nous intéresserons aussi plus particulièrement à deux types de nouvelles technologies, appliqués à notre thèse, que sont la réalité virtuelle et les serious games. La réalité virtuelle, tout comme les serious games (Paim et Goldmeier, 2017), permettent de se préparer à un entretien d'embauche (Smith et al., 2017) ou de se former à un métier (Moro et al., 2017 ; Badash et al., 2016).

Dans la santé, les nouvelles technologies sont également de plus en plus employées et cela de différentes manières. Des serious games servent ainsi à la prévention dans la lutte contre le

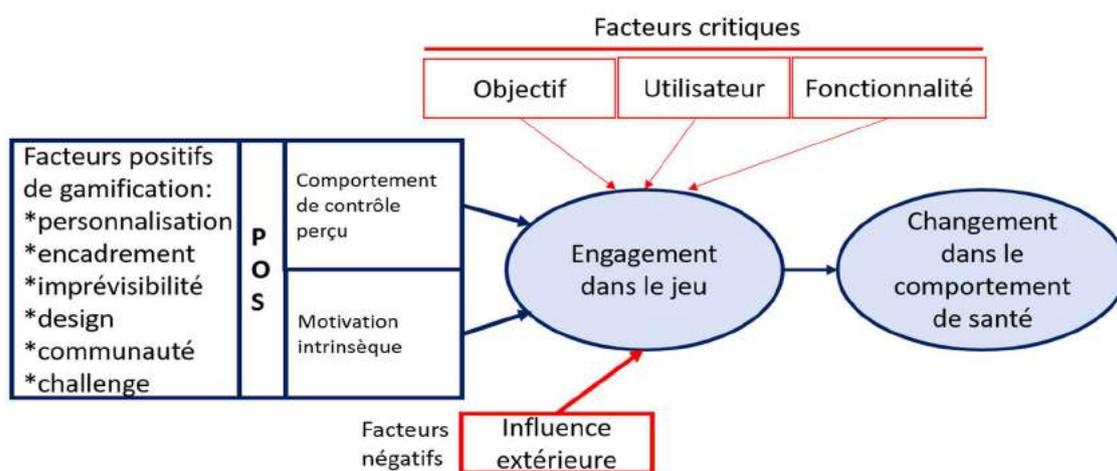
tabac (El-Hilly et al., 2016) et l'obésité (Shiyko et al., 2016). La réalité virtuelle apparaît quant à elle parfaitement adaptée pour la réhabilitation cognitive, motrice et fonctionnelle (Stasienko et al., 2016) et a notamment fait ses preuves auprès de patients aphasiques au niveau de l'augmentation de la production des mots et de phonèmes du script travaillé (Graciano, 2013).

L'éducation thérapeutique à destination des maladies chroniques de leurs enfants via les serious games n'échappe pas aux parents mais reste tout de même plus rare puisque seuls douze recherches avec des résultats significatifs ont été identifiées entre 1986 et 2014 (Annaim, Lassiter, Viera et Ferris, 2015). Enfin, chez les jeunes adultes des serious games ont également été développés pour l'éducation sexuelle afin de pouvoir inciter la communication entre les parents et leurs enfants (Bayley et Brown, 2015).

En résumé, la réalité virtuelle et les serious games sont appliqués à un grand nombre de domaines chez les adultes bien que certaines technologies semblent plus appropriées que d'autres selon le domaine d'intérêt. En effet, chacune de ces technologies comporte des avantages et des défauts et la balance entre les bénéfices et les risques doit être étudiée avant leur utilisation. Il est ainsi mis en évidence que si la réalité virtuelle permet une plus grande immersion et motivation que les serious games, elle est également davantage source d'effets néfastes tels que des maux de tête ($P < 0.05$), des étourdissements ($P < 0.001$), ou une vision floue ($P < 0.01$) (Moro et al., 2017).

Une gamification efficace doit également nécessairement passer par une prise en compte des facteurs facilitants et des facteurs limitants (El-Hilly et al., 2016)(figure 6) tels que la non prise en compte de l'alphabétisation des patients ou les déficits sensoriels possiblement existants (Annaim et al., 2015).

Figure 6 : Facteurs critiques et moteurs d'une gamification en santé (adaptée de El-Hilly et al., 2016).



Cette figure met en évidence les différents facteurs à prendre en compte lors d'une gamification en santé afin de pouvoir générer un engagement dans le jeu et un changement dans le comportement de

santé adapté à l'objectif du jeu. Il est mentionné notamment l'importance de personnaliser le jeu à l'utilisateur, que ce soit dans le design ou le contenu, d'apporter une notion de challenge et d'imprévisibilité, d'encadrer son utilisation.

2.3. Digital aging.

Si grands-parents et petits-enfants n'ont pas la même familiarité avec les dispositifs de communication apparus au cours de la dernière décennie, il serait néanmoins inexact de considérer que les plus âgés sont rétifs aux nouvelles technologies (Caradec, 2001).

Ils sont, en effet, de plus en plus nombreux à être équipés puisque, en 2008, 37 % des sexagénaires disposaient d'une connexion à Internet à leur domicile (Bigot et Croutte, 2008).

Néanmoins l'utilisation des nouvelles technologies chez les personnes âgées implique des considérations spécifiques propres à leur possible fragilité physique et cognitive et à la nécessité de conserver leur autonomie.

Les nouvelles technologies spécialement développées pour les personnes âgées constituent ainsi majoritairement des moyens d'assistance. Regroupées sous le terme de gérontechnologies, les premières recherches sur l'apport des technologies dans l'avancée en âge sont apparues dès les années 1990 et consistaient à étudier la technologie et le vieillissement dans un but d'amélioration du cadre de vie et d'apport de soins médicaux adaptés. La télésurveillance, notamment pour la détection des chutes, fut une des premières technologies à l'étude et elle s'est au fil des années de plus en plus spécifiée. Elle peut s'effectuer via des capteurs portés tels que des accéléromètres, gyroscopes et goniomètres (Bourke et al., 2007 ; Wu, 2000), mais également par le biais de systèmes d'alertes manuels (Millard, 1981), de capteurs vidéos (Jansen et al., 2007 ; Rougier et al., 2011 ; Nait-Charif and McKenna, 2004 ; Auvinet et al., 2011 ; Anderson et al., 2009) et de capteurs au sol (Rimminen et al., 2010 ; Zigel et al., 2009).

Au-delà de l'optique d'assistance médicale, les nouvelles technologies peuvent également stimuler la cognition. La réalité virtuelle a notamment prouvé son efficacité dans la stimulation des capacités visuo-spatiales (McGee et al., 2000), des fonctions mémorielles, de l'attention et de la vitesse de suivi (Legault et al., 2013). Elle est également utilisée dans le vieillissement pathologique chez les patients présentant une maladie de Parkinson pour la prise en charge des difficultés d'organisation spatio-temporelles (Klinger, 2006). Chez les patients présentant une maladie d'Alzheimer, elle représente une aide pour conserver l'autonomie dans les tâches quotidiennes (Foloppe et al., 2015), améliorer la qualité de vie en sécurisant certaines activités de loisir (Klinger, 2013) et stimuler les fonctions motrices et cognitives (Hofmann et al. 2003).

discussions via ordinateurs ont ainsi une nouvelle forme d'expressivité, les émoticônes, représentation virtuelle de notre composante expressive.

L'ensemble des chercheurs s'accordent sur le rôle des émoticônes et les définissent comme des signes graphiques utilisés pour indiquer un état émotionnel (Rezabek and Cochenour, 1998 ; Derks et al., 2007 ; Derks et al., 2008). La majorité des recherche suppose que ces derniers ont été créés afin de pallier au manque d'indicateurs expressifs contenus par la communication à distance (tels que les expressions faciales, les gestes, l'intonation et l'ensemble des autres indicateurs corporels) (Lo, 2008 ; Krohn, 2004). Ils sont ainsi perçus comme un support de la communication écrite qui, par l'essor des nouvelles technologies, semble avoir supplanté la communication en face-à-face.

Il a été démontré également que les femmes utilisent davantage les émoticônes que les hommes que ce soit au niveau de la fréquence (Baron, 2004 ; Wolf, 2000) ou du nombre (Herring, 2003). Ce constat semble mettre en évidence que si le type de communication a changé les femmes ont toujours tendance à exprimer davantage leurs émotions que les hommes.

L'impact de ces émoticônes sur le message est contradictoire dans les différentes recherches effectuées. En effet, certaines études mettent en évidence des effets minimes voire inexistants (Walther and D'Addario, 2001) alors que d'autres études expérimentales révèlent que le message est perçu plus positivement avec des émoticônes que sans (Derks et al., 2008) ou que, à l'inverse, le message est pris moins au sérieux (Thompsen and Foulger, 1996). Le type d'émoticône semble également faire une différence importante puisque certains ont pour objectif d'indiquer une émotion alors que d'autres sont destinés davantage à indiquer une intention (Dresner and Herring, 2010). Enfin leur utilisation semble dépendante du contexte puisqu'il a été démontré que leur utilisation massive sur son lieu de travail était connotée péjorativement et était signe d'instabilité émotionnelle (Wolf, 2000).

3.2. Les règles ont changé.

Et si la forme de notre composante expressive s'est modifiée avec les avancées technologiques, elle semble également avoir pris une place prépondérante au sein des comportements émotionnels émergeant des nouveaux usages. En effet, durant longtemps et dans beaucoup de sociétés, il était d'usage de ne pas exprimer ses émotions en public. Ce phénomène avait notamment été popularisé sous le nom de *display rules* (règles de conduite) par Ekman et Friesen (1969). Mais aujourd'hui, notamment par le biais du téléphone portable, il est commun d'observer des éruptions immédiates d'émotions en pleine rue. Et si la composante expressive est de plus en plus commune, nous pouvons nous interroger sur la

minimisation en parallèle de la composante cognitive des émotions qui nous incite à faire preuve de régulation.

Cette expressivité émotionnelle majorée, et notamment dans les forums de discussion ou jeux vidéos, semble aussi générer un ressenti émotionnel plus intense comme l'a remarqué de façon précoce la sociologue S. Turkle (1995). Aussi il a été démontré que ce ressenti émotionnel exacerbé était à risque de générer des problèmes psychiques à long terme voire des actes suicidaires (Young, 2004).

Toujours au niveau de composante cognitive des émotions et la capacité de régulation de ces dernières, s'il est démontré qu'avec l'avancée en âge nous avons plus tendance à utiliser une stratégie de réévaluation cognitive que de suppression des émotions, les jeux vidéos pourraient bouleverser cette donnée. En effet, les jeux vidéos représentent pour certain une échappatoire aux difficultés émotionnelles qu'ils vivent par suppression de l'émotion existante en prenant l'identité d'un autre, plus fort, mais également irréel (S. Turkle, 1995). Ils pourraient donc avoir fourni à leurs utilisateurs des moyens de suppression émotionnelle séduisants car limitant l'effort cognitif nécessaire.

Certains auteurs soulignent cependant un aspect positif des jeux vidéos, et plus particulièrement des jeux en ligne, en postulant que cela permet de stimuler et non d'inhiber les capacités émotionnelles des joueurs. Ainsi, ils pourraient permettre le développement du *self* (Turkle, 1995) et des capacités sociales, permettraient de créer des liens amicaux (Bargh, McKenna et Fitzsimmons, 2002) et aiguïseraient la sociabilité (Castronova, 2005).

Néanmoins, et c'est un biais valable pour l'ensemble des études portant sur les games ou serious games, les preuves de transfert de compétences dans la vie réelle demeurent rares.

En conclusion il apparaît que les nouvelles technologies ont principalement modifié la composante expressive des émotions en la rendant graphique, désinhibée et majorée. Aussi, et même si cette expressivité constitue une stratégie de régulation émotionnelle, son utilisation excessive et inappropriée pourrait intensifier le ressenti émotionnel (Scherer, 2001) et augmenter le risque de comportements dangereux en réaction de ce ressenti.

Il paraît ainsi nécessaire de réévaluer constamment les fonctionnements émotionnels et de ne pas s'arrêter sur des anciens postulats propres à une époque où les nouvelles technologies n'avaient pas la place prépondérante d'aujourd'hui au sein de nos quotidiens. Et si les nouvelles technologies ont modifié la place et la forme des composantes émotionnelles, elles pourraient également constituer une méthode plus objective et plus précise pour les évaluer.

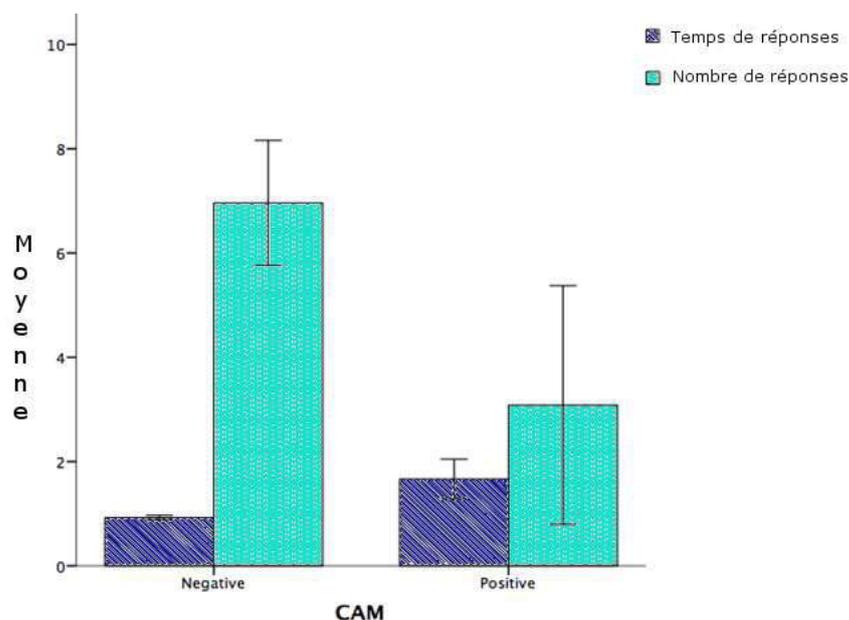
4. L'apport des nouvelles technologies dans l'évaluation des émotions.

4.1. Les tests informatisés.

Le développement des nouvelles technologies a modifié l'usage des tests en intégrant les technologies informatiques dans leurs méthodes d'administration notamment afin d'obtenir une évaluation jugée plus pertinente (Epstein et Klinkenberg, 2001). La mise en place de ces nouvelles technologies au sein des paradigmes d'évaluation a généré des attentes et des fausses croyances telles que, en premier lieu, une attente de performances (Joinson, 2003) avec une amélioration systématique par rapport au précédent. Ce sont ces croyances qui ont probablement influencé l'utilisation massive des passations informatisées de tests. Aussi, bien qu'il faille être prudent quant aux avantages existants, il est admis que les tests informatisés répondent à certains besoins tels que celui d'homogénéisation en terme de similitudes dans les passations et de délivrance des consignes (Barak, 1999). De même, il est démontré que des passations informatisées suscitent des réactions davantage positives que les passations traditionnelles chez les individus testés (Anderson, 2003; Huang, 2006; Naus et al., 2008 ; Steiner et Gilliland, 2001). Mais l'intégration de l'informatique au sein des passations des tests est surtout perçue comme un moyen de garantir l'obtention d'une mesure plus pertinente des caractéristiques individuelles notamment en diminuant les erreurs consécutives à une saisie manuelle des données et en transférant plus facilement ces données vers un logiciel de traitement statistique (Chuah et al., 2006). Malgré ces avantages, des inconvénients sont également relevés. Tout d'abord cela nécessite un équipement informatique dont tous les centres de santé ne disposent pas forcément. Ensuite, ce type de test peut être inadapté pour certaines personnes présentant un handicap physique ou visuel. Enfin, la bonne compréhension des consignes ne peut pas toujours être contrôlée (Birnbbaum, 2000). Néanmoins un pré-test des consignes et une surveillance des conditions de passation semblent pouvoir palier ce dernier inconvénient. Enfin, une des principales limites aux passations informatisées est liée à l'utilisation des technologies informatiques en elle-même qui ne sont pas accessibles à certaines populations ou à certaines cultures (Naus et al., 2009). Aussi l'anxiété informatique apparaît comme un facteur susceptible d'affecter les passations de tests informatisés et, par conséquent, de biaiser les interprétations obtenues (Schulenberg et Yutrzenka ; 2004). Comme pour les passations traditionnelles (papier/crayon) de tests, les commissions internationales et nationales ont élaboré des guides de bonnes pratiques quant à l'usage des tests informatisés. Elles portent à la fois sur le matériel utilisé et les modes d'administration. Aussi les passations informatisées sont encouragées par les commissions

internationales régissant l'usage des tests dans la mesure où elles ne modifient pas la pertinence et l'exactitude de la mesure ainsi obtenue. Ces recommandations ont ainsi permis l'émergence de serious games destinés à l'évaluation. Ces derniers demeurent majoritairement appliqués aux troubles cognitifs et à une évaluation globale plus qu'à une évaluation des troubles émotionnels (Tsolaki et al., 2015) mais peuvent être utilisés, notamment, pour évaluer l'état confusionnel (Tong et al., 2016) des patients (figure 7).

Figure 7 : Concordance entre les temps de réaction au serious game et aux scores obtenus dans le Mini Mental State Examination (MMSE)(adaptée de Tong et al., 2016).



Dans cette étude un jeu sérieux de type Go NoGo, et exigeant des participants (N=147) de cliquer sur l'écran de la tablette lors de l'apparition d'une cible, a été développé.

Comme on peut le constater dans la figure ci-dessus, il est observé une corrélation significative entre les temps de réaction et le score au CAM (Confusion Assessment Method) (McCusker et al., 2004).

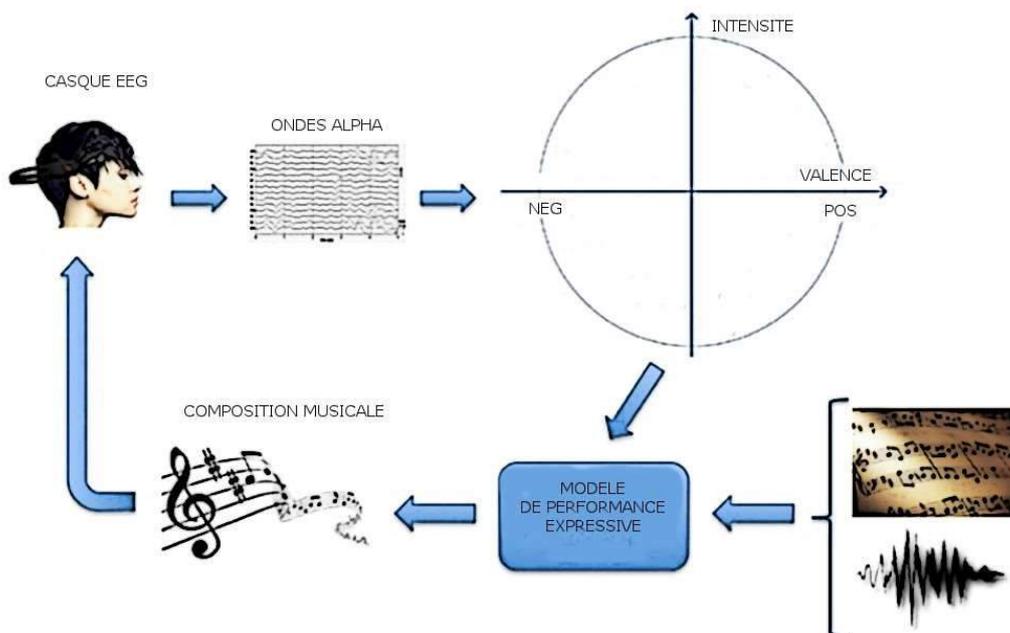
4.2. Les capteurs portés.

Les nouvelles technologies ont permis l'essor de capteurs portatifs qui avant nécessitaient des équipements lourds et une expérimentation en laboratoire, tels que les capteurs encéphalographiques ou électrophysiologiques. Ces capteurs, apparaissant sur le marché, sont de plus en plus portables et de moins en moins chers. Aussi, les dispositifs EEG portables sont particulièrement intéressants pour l'étude des troubles émotionnels car permettraient de proposer des conditions d'exploration plus dynamiques et diminueraient la gêne engendrée par leur mise en place et les possibles affects négatifs en lien avec le dispositif lui-même. Parmi ces dispositifs, les plus référencés sont les casques Neurosky, Mindflex et Emotiv Epoc. Et selon une étude (Stamps and Hamam, 2010), le meilleur appareil EEG en termes d'utilisabilité serait le casque Emotiv Epoc. Ce dernier, dispositif mobile de type BCI (interface Brain-computer) doté de quatorze électrodes, a démontré une précision moyenne de

la classification atteignant $88.75 \pm 10.57\%$ en laboratoire et $73.75 \pm 16.94\%$ hors laboratoire, avec un taux de transfert atteignant respectivement 7.17 ± 1.80 et 5.05 ± 2.17 bits / minute (Tong Jijun et al., 2015). Les auteurs ont ainsi conclu qu'il pourrait apporter un suivi en temps réel des données cérébrales et cela au sein d'un environnement réaliste. Il est mentionné aussi une corrélation de ce dispositif avec des instruments plus classiques utilisés en laboratoire sur la réponse de P300 et sur environ 600 stimuli (Badcock et al., 2013). Néanmoins une étude basée sur la relaxation, a signalé qu'un système médical ActiCap était bien plus performant que l'emotiv EPOC. Il est à souligner que les auteurs n'avaient cependant pas comparé les performances des deux systèmes dans les mêmes conditions expérimentales (nombre d'électrodes et emplacements significativement différents).

Dans le cadre d'études sur les émotions, sa fiabilité a été évaluée au cours d'une procédure d'induction émotionnelle via les images de l'IAPS chez seize participants (Rodríguez et al., 2013). Les résultats ont mis en évidence des résultats conformes à ceux de la littérature scientifique antérieure concernant l'asymétrie EEG frontale. Néanmoins les études recensées sur les émotions utilisant l'emotiv EPOC demeurent rares. Parmi les études utilisant ce dispositif, il est fait état de recherches sur la dépression par l'analyse du ratio alpha/beta et en interprétant la baisse de l'activité alpha dans le lobe frontal gauche comme une amélioration de l'état dépressif (Ramirez et al., 2015) (figure 8). D'autres recherche se sont intéressées quant à elles à la conscience de soi, et notamment au sein d'un univers virtuel (Clemente et al., 2013).

Figure 8 : Utilisation de l'Emotiv Epoc pour l'analyse des ondes alpha et la mise en place d'un feedback musical sur l'état émotionnel du participant (adapté de Ramirez et al., 2015).



Cette figure montre le procédé de prise en charge de la dépression développé par Ramirez et son équipe en utilisant le casque EEG Emotiv Epoc. Ce système a pour objectif à la fois d'apporter un feedback musical de son état émotionnel au patient mais également d'observer l'amélioration de l'état dépressif de ce dernier après dix sessions de 15 minutes. Les ondes alpha en région frontale sont analysées pour mettre en évidence l'amélioration de l'état dépressif du patient.

Certains systèmes couplent également différents dispositifs d'électroencéphalographie et d'électrophysiologie tels que l'Infiniti3000A qui a été utilisé au sein d'études mesurant le stress (Liu et al., 2017) et qui associait des échelles mesurant le ressenti émotionnel (PANAS).

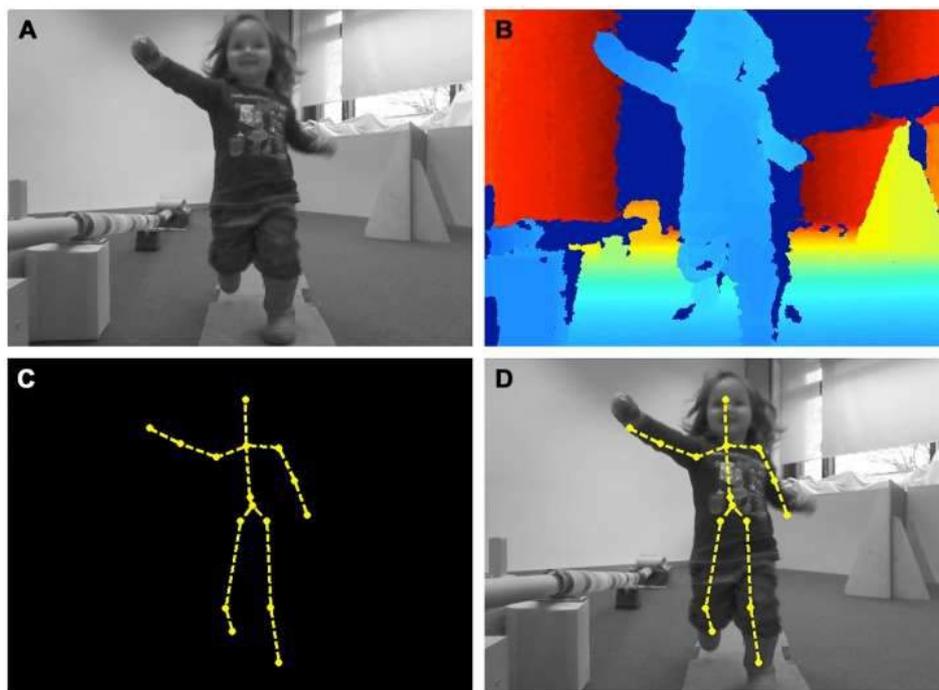
4.3. Les capteurs environnementaux.

Les capteurs environnementaux rassemblent les capteurs de présence ou d'ouverture et fermeture de porte et peuvent permettre de rendre compte de l'activité d'une personne dans son lieu de vie (nombre de fois que la personne ouvre le réfrigérateur, reste dans une pièce, etc...). Parmi ces capteurs, les caméras RGB-D, tout comme n'importe quelle caméra, récupèrent les images couleurs dites RGB (Red Green Blue) mais également une image de profondeur D (Dimension). Cette image de profondeur est réalisée à travers une lumière infrarouge et une lentille séparée captant la réflexion de la lumière projetée. Si une personne se trouve dans le champ du capteur, la caméra estime les coordonnées x, y et z de jusqu'à 20 points du corps (Shum et al., 2013; Stommel et al., 2015). La caméra Microsoft Kinect, capteur de type RGB-D le plus utilisé, fournit 30 images par seconde et son champ de vision est de 57° à l'horizontale et 43° à la verticale. La profondeur peut être reconstruite jusqu'à 8 mètres avec une précision de quelques centimètres qui se dégrade au-delà de 4 mètres.

L'apparition de ce type de caméras a simplifié les méthodes utilisées en vision notamment en indiquant à quelle distance chaque pixel se trouve dans la scène par rapport à la caméra et en étant moins dépendantes du changement de luminosité (méthode de soustraction du fond plus efficace avec une image de profondeur) (Shotton et al., 2013). Par le biais de ces caméras est possible une reconnaissance automatique des activités gestuelles qui peut permettre ainsi une évaluation automatisée de la composante expressive émotionnelle. En effet, les gestes se traduisent par l'utilisation de mouvements du corps comme moyen d'expression et de communication d'une intention ou d'un sentiment (Poyatos, 1988). Ils incluent les mouvements du corps et les postures. Les observateurs humains reconnaissent assez aisément les émotions exprimées dans le mouvement du corps (Atkinson et al., 2004 ; Atkinson et al., 2007 ; de Gelder, 2006). Néanmoins, pour les chercheurs, il est difficile de relier les aspects corporels à une émotion car les mouvements du corps sont constitués d'indices visuels

dynamiques complexes et en grand nombre. Pour identifier les attributs corporels pertinents des études ont ainsi utilisé des images statiques et mis en évidence que la reconnaissance de l'émotion est influencée par la posture du corps (Coulson, 2004). La posture est notamment caractérisée par les angles de flexion et la structure spatio-temporelle des trajectoires des articulations (Roether et al., 2009). Elle est utilisée dans l'évaluation des émotions d'adultes mais également d'enfants (Hepach et al., 2015) (figure 9).

Figure 9 : Analyse de la posture d'enfants par le biais d'une Kinect Microsoft (adaptée de Hepach et al., 2015).



La Kinect permet un suivi relativement précis et objectif de différents points du corps qui permet une évaluation des postures. Dans cette étude les auteurs utilisent les changements de posture des enfants comme un indicateur émotionnel. La figure A représente l'image RGB (couleur), la figure B est l'image de profondeur (D), la figure C cartographie les articulations et la figure D représente cette cartographie sur l'image A (RGB) initiale.

L'analyse des mouvements et de la coordination gestuelle, via la reconnaissance automatique d'activité, a également permis d'étudier les interactions sociales d'adultes (Won et al., 2014) que ce soit avec des enfants ou des nourrissons (Nagai et al., 2012). Enfin la vitesse de marche semble également un indicateur émotionnel pertinent puisqu'il a été démontré qu'elle pouvait refléter l'état émotionnel du patient avec une reconnaissance de la colère et du bonheur de respectivement 80,5% et 75,4% comparativement à l'état neutre (Li et al., 2016).

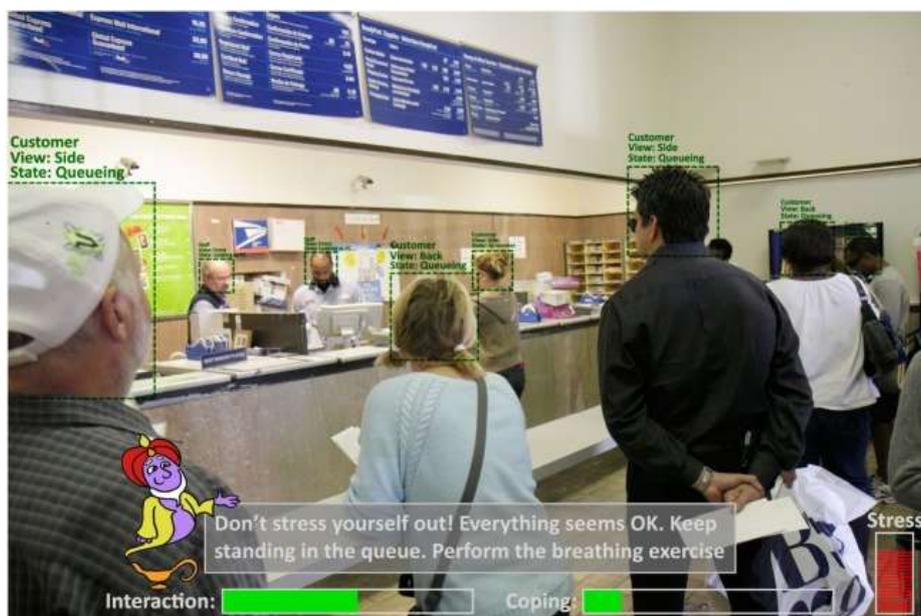
5. La prise en charge des émotions par le biais des nouvelles technologies.

5.1. La réalité virtuelle.

Dans le domaine médical, la Réalité Virtuelle (RV) a démontré son intérêt en psychopathologie dans les états de stress post-traumatiques (N et al., 2015) et notamment chez les soldats revenant de la guerre en Irak (Pair et al., 2006 ; Yeh et al., 2009). Dans ces paradigmes la RV est associée à des stimuli auditifs, olfactifs et tactiles afin de renforcer le sentiment de présence. Et bien que l'efficacité ait été démontré, il est néanmoins souligné que l'acceptabilité des utilisateurs à cette technique devrait être plus systématiquement évaluée (Botella et al., 2015). La RV est également utilisée pour la prise en charge des phobies telles que les phobies sociales (Gebara et al., 2016), la claustrophobie (Bruce & Regenbrecht, 2009) et la cynophobie (Marine et al., 2012). Ces études mettent en avant certaines limites telles que le coût du matériel, la nécessité d'intégrer une stimulation multimodale et l'absence de compréhension complète des mécanismes sous-tendant l'efficacité d'une prise en charge de ce type. La phobie sociale apparaît comme un des troubles les plus difficiles à prendre en charge en RV étant donné la multiplicité des contextes générateurs d'anxiété. De nouveaux outils sont ainsi en développement, tels que l'outil « DJINNI » (Ben-Moussa et al., 2017) qui associe la RV, la RA (Réalité Augmentée) et l' IoT (Internet of things). Les auteurs font un parallèle entre cette technique et l'anxiété sociale de l'héroïne du film « Amélie Poulain » en expliquant qu'elle permettrait de maîtriser parfaitement ses réponses comportementales et expressives à la manière de la réponse rêvée d'Amélie : «Vous ne serez jamais un légume. Même si les artichauts ont des cœurs! ». Ainsi Djinni est utilisé en tant qu'assistant intelligent qui guide et soutient le patient lors d'expériences de la vie réelle. Comme l'illustre la figure 10, le patient est assisté via des lunettes utilisant la réalité augmentée par un système qui interprète l'environnement et l'état du patient et fournit des conseils et des commentaires apaisants. Cet outil repose sur une approche de gamification ayant pour objectif de stimuler la motivation des patients en utilisant des techniques de visualisation par le patient de ses progrès et l'obtention de récompenses. Ces techniques ont notamment déjà montré leur efficacité chez les patients présentant des troubles alimentaires (Fernández-Aranda et al., 2012 ; Fagundo et al., 2013 ; Fernandez-Aranda et al., 2015). Une revue de la littérature récente (Lindner et al., 2017), portant sur plus de vingt essais contrôlés et randomisés, a souligné l'intérêt d'une telle approche dans l'utilisation de la réalité virtuelle pour les troubles anxieux et phobiques. Les auteurs ont également insisté sur l'importance de l'implication de cliniciens dans le développement d'outils de ce type notamment dans le choix de la

plateforme et la conception des stimuli et sur la nécessité de mettre en place des recherches avec une méthodologie plus poussée.

Figure 10 : Représentation de l'environnement augmenté DJINNI développé par Moussa et son équipe (adapté de Ben-Moussa et al., 2017).



Comme on peut le voir dans la figure ci-dessus, l'outil DJINNI, par le biais de lunettes de réalité augmentée, permet au patient d'avoir un retour à la fois sur les éléments environnementaux (statut des individus présents) et l'interaction qu'il a avec ce dernier ainsi que sur son propre état émotionnel (niveau de stress).

En plus de cela un génie apparaît si le niveau de stress du patient s'avère trop élevé afin de le rassurer et de lui proposer des exercices : « Ne paniquez pas. Tout va bien. Restez dans la queue et effectuez l'exercice de respiration. »

5.2. Les serious games

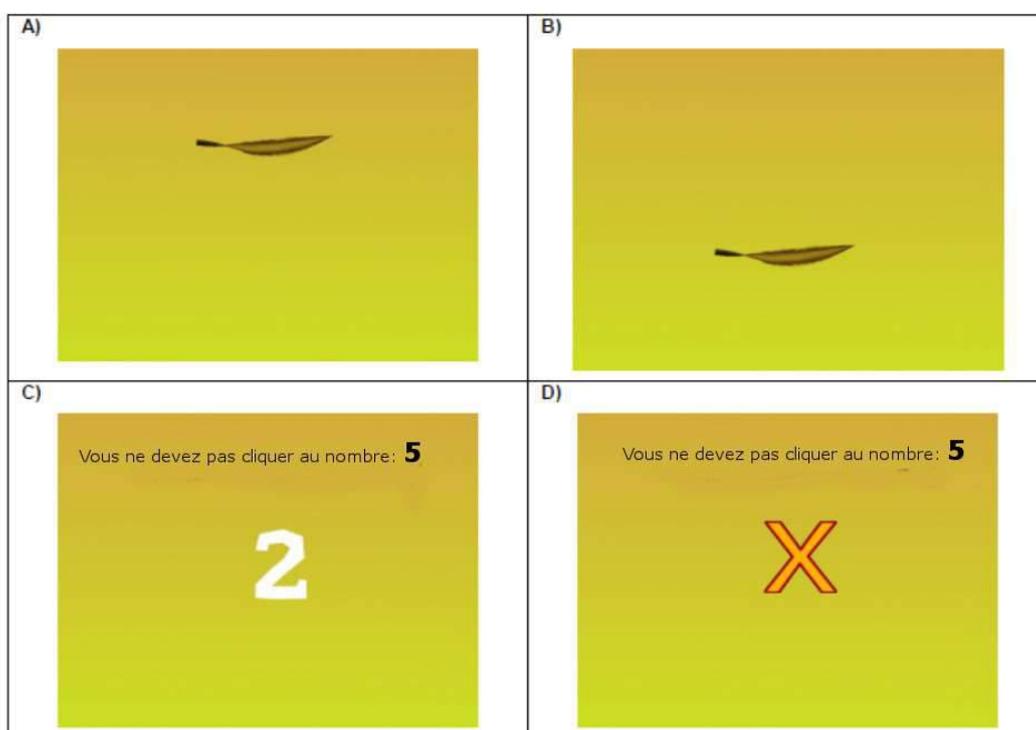
Les serious games comprennent les exergames qui favorisent la mobilité et sont notamment utilisés pour prendre en charge l'équilibre et la marche des personnes âgées et atteints de la maladie d'Alzheimer (Padala et al., 2012 ; Molina et al., 2014) et les jeux cognitifs ciblant plus particulièrement l'attention, la mémoire (Barnes et al., 2009), et les capacités visuo-spatiales (Yamaguchi et al., 2011). Au niveau émotionnel, il est fait état que, selon leur contenu, les jeux vidéo peuvent générer des troubles dans les comportements et les interactions sociales à type d'agressivité, comme, à l'inverse, influencer positivement sur la sociabilité (Greitemeyer and Mügge, 2014). Ce n'est donc pas le médium qui serait déterminant mais la construction, le scénario, de ce dernier. Les serious games ont ainsi pour objectif de générer des effets positifs contrôlés sur les composantes émotionnelles.

Ils ont montré une efficacité dans la capacité de reconnaissance des émotions chez les patients autistes après huit semaines d'utilisation (Fridenson-Hayo et al., 2017) et sont impliqués

également dans la gestion des troubles anxieux chez ces patients (Wijnhoven et al., 2015). Dans cette dernière étude le serious game développé a pour objectif d'alterner les situations relaxantes et les situations stressantes par le biais d'un univers animé dans lequel le héros croise parfois des monstres. L'évaluation de la gestion des émotions est réalisée par le biais d'une mesure EEG et par l'analyse plus particulièrement des ondes alpha et beta.

Des serious games ont été également mis en place pour l'apprentissage et l'entraînement des capacités de régulation des émotions chez les enfants présentant un syndrome foeto-alcoolique (Coles et al., 2015) et pour la stimulation des stratégies de régulation émotionnelle chez des adolescents dépressifs et anxieux (Rodriguez et al., 2015).

Figure 11 : Applications d'un Serious Game visant à stimuler les stratégies de régulation émotionnelle (adaptée de Rodriguez et al., 2015).



La figure ci-dessus montre une des applications du jeu qui vise à stimuler deux stratégies de régulation des émotions : la stratégie respiratoire (A, B) et l'entraînement attentionnel (C,D). Le jeu de stratégie de respiration se compose d'une plume (Figure A et Figure B) qui monte et baisse neuf fois sur l'écran.

Les utilisateurs ont pour consigne d'inspirer et expirer au même rythme que la plume monte et descend. Cet exercice dure 45 secondes et la durée des mouvements de la plume est constante (2,5 secondes chacune). Le jeu de stratégie d'attention consiste en une séquence de nombres (Figure C et Figure D) qui apparaît sur l'écran. Les utilisateurs doivent cliquer sur la souris uniquement si le chiffre qui apparaît lorsque le nombre qui apparaît est différent du numéro indiqué dans les instructions. Le chiffre est affiché à l'écran pendant 0,8 seconde, quand ce chiffre disparaît il est remplacé par un X qui s'affiche pendant 0,7 seconde, puis un autre chiffre aléatoire apparaît.

Chez les patients Alzheimer les serious games ont montré un effet sur l'estime de soi (Benveniste et al., 2012), l'interaction avec les soignants (Boulay et al., 2011) et les symptômes dépressifs (Fernández-Calvo et al., 2011).

Synthèse de la partie théorique II : les nouvelles technologies.

Dans cette deuxième partie théorique nous sommes revenus sur le concept d'e-santé, indissociable des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Nous avons plus particulièrement évoqué la télémedecine, ses avantages mais aussi les barrières à sa généralisation. Son acceptation apparait dépendre surtout des utilisateurs finaux et de la façon dont elle est mis en œuvre. Aussi, les utilisateurs finaux des nouvelles technologies en santé peuvent être des enfants, des adultes ou des personnes âgées. Chez les enfants les nouvelles technologies sont notamment impliquées dans l'éducation thérapeutique et les supports utilisés sont le plus souvent les serious games et la réalité virtuelle. Ces supports sont également utilisés par les adultes que ce soit dans le cadre professionnel ou dans un objectif de réhabilitation cognitive, motrice et fonctionnelle.

Les nouvelles technologies spécialement développées pour les personnes âgées constituent quant à elles majoritairement des moyens d'assistance via l'utilisation de capteurs portés, de capteurs vidéos et de capteurs au sol. Au-delà de l'optique d'assistance médicale, elles peuvent également stimuler la cognition et notamment les capacités attentionnelles, impliquées dans le fonctionnement émotionnel. Les nouvelles technologies ont ainsi démontré leur apport plus spécifiquement dans le domaine émotionnel et cela que ce soit dans l'évaluation ou la prise en charge. Cette évaluation doit prendre en compte le fait que les nouvelles technologies ont bouleversé nos comportements émotionnels et leurs différentes composantes. En effet, les discussions via ordinateurs ont généré des changements de la composante expressive émotionnelle que ce soit au niveau de la forme (à l'image des émoticônes), ou du fond par sa place prépondérante au sein des nouveaux comportements émotionnels émergeant des nouveaux usages. L'interaction des différentes composantes émotionnelles étant constante, la composante physiologique des émotions apparait également majorée à l'inverse de la composante cognitive qui serait amoindrie. Mais si les nouvelles technologies ont généré des bouleversements émotionnels, elles paraissent également les plus à même de les évaluer. En effet, les tests informatisés nous ont apporté des mesures plus fiables d'une part par l'homogénéisation des passations et de la délivrance des consignes et, d'autre part, par la réduction des erreurs consécutives à une saisie manuelle des données. Les tests informatisés sont néanmoins actuellement davantage appliqués aux troubles cognitifs qu'aux troubles émotionnels. Les nouvelles technologies ont permis également l'essor de capteurs portatifs tels que les capteurs encéphalographiques ou électrophysiologiques. Ces dispositifs portables sont particulièrement intéressants pour l'étude des troubles émotionnels car permettent de proposer des conditions d'exploration dynamiques. Enfin, les capteurs RGB-D permettent une reconnaissance automatique des activités gestuelles qui peut permettre une évaluation automatisée de la composante expressive émotionnelle.

Nous avons également mis en évidence que les nouvelles technologies n'étaient pas en reste dans la prise en charge des troubles émotionnels. Ainsi, la Réalité Virtuelle (RV) a démontré son intérêt en psychopathologie dans la prise en charge des états de stress post-traumatiques, des phobies et des troubles anxieux, et des serious games sont mis en place pour l'apprentissage et l'entraînement des capacités de régulation des émotions.

Partie pratique : projet de recherche.

Notre partie théorique a permis de mettre en évidence que le fonctionnement émotionnel était régi par l'interaction constante entre trois composantes: la composante cognitive, la composante comportementale et la composante physiologique. Nous avons également montré que ces composantes étaient troublées dans un grand nombre de pathologies et notamment dans la maladie d'Alzheimer. Ces composantes émotionnelles demeurent majoritairement évaluées par des échelles auto-rapportées et hors du contexte émotionnel. Aussi nous avons souligné l'intérêt des nouvelles technologies dans l'évaluation mais également dans la prise en charge des troubles émotionnels. Néanmoins nous avons pointé l'importance d'utiliser ces technologies avec précaution et particulièrement chez les personnes âgées. Les tests informatisés permettent une mesure fiable mais sont pourtant encore peu utilisés pour l'évaluation des émotions. Les capteurs portatifs, encéphalographiques ou électrophysiologiques, sont particulièrement intéressants pour l'étude des troubles émotionnels respectivement au niveau de la composante physiologique et cognitive. Les capteurs RGB-D, à travers la reconnaissance automatique des activités, semblent quant à eux davantage pertinents pour l'évaluation de la composante comportementale. Au niveau de la prise en charge nous nous sommes particulièrement intéressés à la Réalité Virtuelle et aux Serious Games qui ont démontré leur intérêt dans la prise en charge de la composante physiologique et cognitive des émotions.

L'objectif général de notre travail était de développer des outils technologiques d'évaluation et de prise en charge des émotions dans les composantes physiologique, cognitive et comportementale des émotions. Dans notre première étude nous avons recueilli les recommandations des experts pour l'utilisation des nouvelles technologies dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels. Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, les nouvelles technologies, particulièrement chez les personnes âgées, nécessitent des précautions. Des recommandations dans leur utilisation par des experts nous sont apparues en ce sens essentielles. Dans le cadre de notre deuxième étude, nous avons élaboré un test informatisé, encore rarement développé dans la sphère émotionnelle, permettant l'évaluation de la composante physiologique et cognitive des émotions par le biais de la mesure du ressenti et de la régulation des émotions. Notre troisième étude propose une technique de prise en charge des troubles de la composante physiologique et cognitive des émotions par le biais d'une immersion sensori-virtuelle. Celle-ci associe la réalité virtuelle, qui, comme nous l'avons mis en évidence précédemment, a déjà fait ses preuves dans des pathologies anxieuses et phobiques, à une stimulation sensorielle permettant d'augmenter le sentiment de présence. Enfin, notre quatrième étude a visé à développer une plateforme automatisée d'évaluation et de prise en charge de troubles émotionnels dans la composante

comportementale notamment via les capteurs RGB-D, dont nous avons souligné l'intérêt dans la partie théorique.

Etude 1: état des lieux, recommandations des experts et acceptabilité des cliniciens.

Comme nous l'avons vu, les nouvelles technologies ont en commun avec les émotions qu'elles sont partout et envahissent notre quotidien. La e-santé a connu également ces dernières années un véritable essor bien que certaines barrières semblent empêcher sa généralisation.

Dans le cadre de notre thèse nous avons souhaité, dans un premier temps, réaliser un état des lieux sur l'ensemble des solutions technologies et numériques regroupées dans les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), mais aussi étudier un des facteurs qui semble déterminant dans la mise en place de ces dernières : l'acceptabilité des utilisateurs et plus particulièrement des cliniciens.

1.1. Etat des lieux.

Nos recherches ont ainsi commencé par un état des lieux des outils technologiques existants par le biais de la publication de deux articles (David, Gros, et al., 2016; Bensamoun, Gros, et al., 2016) dont nous effectuons une synthèse au sein de ce paragraphe.

Nous avons recensé la majorité des nouveaux outils technologiques utilisés en e-santé dans le domaine des troubles émotionnels.

Que ce soit dans un objectif d'évaluation ou de prise en charge, ils se composent :

- des capteurs portés dont l'actigraphie qui, par le biais d'un dispositif simple et de petite taille, permet d'enregistrer la quantité de mouvements d'un individu et ainsi d'évaluer les troubles du sommeil, la dépression, l'apathie ou encore l'agitation. Les capteurs physiologiques font également partie des capteurs portés et sont particulièrement intéressants pour les troubles émotionnels en permettant une mesure de l'activité cardiovasculaire, respiratoire et électrodermale, qui est variable selon l'état émotionnel. Il est d'ailleurs à souligner que l'activité électrodermale est un des indices physiologiques les plus fréquemment utilisés dans l'étude des émotions, du fait de la relation entre les réponses de conductance de la peau et l'activité du système nerveux autonome (Silva et al., 2012).
- des capteurs environnementaux rassemblant l'analyse vidéo automatisée et l'analyse vocale automatisée. L'analyse vidéo automatisée utilise des caméras qui peuvent être placées au domicile du patient ou dans son environnement de vie et permet actuellement principalement d'évaluer les troubles du sommeil et l'autonomie. L'analyse vocale automatisée a également

montré son apport dans l'identification et l'étude des émotions et ses troubles notamment par l'analyse de la qualité de la voix, la temporalité du discours et la hauteur de la fréquence fondamentale (Murray and Arnott, 1993). Enfin le smarthome regroupe un ensemble de solutions technologiques variées dont des capteurs de présence, d'ouverture et de fermeture de portes. Il permet d'évaluer la composante comportementale d'un sujet dans ces activités quotidiennes (Zouba et al., 2009).

- des solutions numériques avec les serious games qui peuvent avoir des objectifs allant de l'enseignement, l'entraînement, à l'information. Leur dimension ludique a l'avantage majeur de stimuler l'aspect motivationnel. Ils sont notamment utilisés dans les troubles d'hyperactivité et de déficit attentionnel (TDAH) pour apporter un feedback au patient de son état attentionnel, un des facteurs majeurs du processus de régulation émotionnelle (Moriyama et al., 2012). Les exergames (EG) permettent quant à eux d'associer une activité physique et cognitive. La stimulation de la fonction cardiorespiratoire par la stimulation locomotrice engendrerait une meilleure oxygénation du système nerveux central (Dustman et al., 1984), permettant une réorganisation des réseaux neuronaux et une augmentation du volume cérébral (Ben-Sadoun et al., 2015). Ils sont actuellement préférentiellement utilisés pour la stimulation des fonctions cognitives de type exécutif mais commencent à trouver leur place dans des études sur les troubles émotionnels de type dépressif. Enfin l'utilisation de la réalité virtuelle, essentiellement dans un objectif de prise en charge, a particulièrement démontré son intérêt dans les troubles émotionnels en mettant en évidence une efficacité équivalente voire supérieure aux environnements réels dans le cadre des psychothérapies cognitives et comportementales (Parsons and Rizzo, 2008).

-de la télémédecine permettant un accès à distance d'informations partagées entre le clinicien et le patient et qui a notamment démontré sa faisabilité pour les pathologies psychiatriques (DeVido et al., 2016).

- des solutions robotisées, définies comme des entités sociales capables d'interagir avec l'utilisateur, qui permettraient, quant à elles, de maintenir l'autonomie des personnes âgées fragiles (Wrobel et al., 2014).

Les avantages soulignés dans l'utilisation de ces différents outils technologiques pour l'évaluation des troubles émotionnels sont centrés autour de la qualité et des caractéristiques de la mesure qu'ils permettent. En effet, les nouvelles technologies apportent une mesure à la fois objective, continue, répétée, ambulatoire, écologique et personnalisée. Et, dans le cadre des troubles émotionnels et des pathologies neuropsychiatriques, ces avantages sont importants étant donné que l'évaluation à l'heure actuelle est centrée principalement en clinique sur des auto-questionnaires et des entretiens qui manquent de spécificité et de

sensibilité. De plus, les troubles émotionnels étant importants dans des pathologies de type neurodégénératif, telles que la Maladie d'Alzheimer, les auto-questionnaires, en regard des troubles cognitifs, apparaissent d'autant plus difficiles d'utilisation. Au niveau de la prise en charge, les nouvelles technologies apparaissent particulièrement intéressantes pour l'aspect motivationnel, pour la personnalisation des techniques de soins et pour l'adhésion et l'implication du patient.

1.2. Recommandations des experts et avis des cliniciens.

Au-delà d'un simple état des lieux et d'une mise en évidence des avantages présentés par l'utilisation des nouvelles technologies dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels, notre objectif a été, au cours d'un autre article publié (Gros et al., 2016), d'évaluer l'acceptabilité des professionnels et de fournir des recommandations issus d'experts dans le domaine. Les premières recommandations ont été recueillies dans le cadre du Workshop Innovation Alzheimer organisé par notre équipe de recherche, l'équipe CoBTeK (Cognition-Behavior- Technology) de l'Université Nice Sophia Antipolis en date du 12 novembre 2015. Vingt-cinq professionnels ont ainsi été sélectionnés pour établir des recommandations dans l'utilisation des NTICs dans le cadre de troubles émotionnels chez les personnes âgées.

La majorité des experts sélectionnés, afin d'établir ces présentes recommandations, avaient été également sollicités dans les précédentes recommandations de notre équipe en 2014 (Robert et al., 2014). Les experts étaient tous des professionnels de santé et se composaient de psychiatres (N=9), psychologues (N=8), orthophonistes (N=3), médecins généralistes (N=5), ingénieurs en nouvelles technologies (N=4) et travailleurs sociaux (N=2). Ils ont été séparés en quatre groupes de travail constitués de manière équilibrée. Il leur était demandé de dégager les forces, faiblesses, opportunités et menaces des NTICs dans le cadre des troubles émotionnels mais également de répondre à des questions spécifiques sur l'utilisation de ces dernières. Ces questions portaient principalement sur les utilisateurs et les pathologies concernées ainsi que sur l'usage (fréquence, lieu, accompagnement).

Basé sur ces résultats, un questionnaire a ensuite été élaboré et diffusé en ligne. Nous avons recueillis les réponses de médecins généralistes de la région (N=34) et des internes en psychiatrie au niveau national (N=141).

Les variables sont décrites à l'aide de la fréquence et du pourcentage. Les comparaisons entre le groupe des internes et des médecins généralistes ont été analysées avec le test du Khi2 ou du test exact de Fisher en fonction de l'effectif. Le logiciel libre R version 3.2.3 a été utilisé.

Les experts ont ainsi rapporté un intérêt plus spécifiquement pour les patients MCI (Mild Cognitive Impairment), présentant un syndrome de fragilité (Fried's criteria) (Fried et al., 2001) ou une maladie d'Alzheimer au stade modéré (MMSE entre 16 et 26). En revanche ils ne recommandent pas l'utilisation des NTICs chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer au stade sévère (MMSE < 15) car les jugent susceptibles de générer de l'anxiété ou des hallucinations. Les nouvelles technologies particulièrement recommandées par les experts sont les serious games (par la motivation et l'engagement suscité) et la réalité virtuelle, voire les deux combinés. Les troubles émotionnels qui sont, selon les experts, les plus concernés par l'utilisation des nouvelles technologies sont l'anxiété, la dépression et l'apathie. La fréquence d'utilisation devrait être selon eux définie par un médecin au cas par cas. Les solutions technologiques visant à l'évaluation des troubles émotionnels devraient également différer selon les lieux avec, préférentiellement, des capteurs environnementaux au domicile, des capteurs portés à l'hôpital, et des tests informatisés au sein des cabinets médicaux. Enfin, la majorité des experts soulignent l'importance d'un suivi et d'un accompagnement par les professionnels de santé et plus particulièrement par le médecin généraliste. Il est indiqué d'ailleurs que l'utilisation des nouvelles technologies en santé devrait se faire dans le cadre d'une prescription médicale, tout comme tout autre traitement ou prise en charge.

Les experts ont finalisé leur travail au cours du Workshop en établissant une liste des principales forces, faiblesses, menaces, et opportunités. Celles-ci sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Forces, faiblesses, menaces et opportunités (SWOT) dans l'utilisation des nouvelles technologies dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels.

Forces	Faiblesses
Evaluation objective Personnalisation de la technologie Utilisation à domicile Feed-back en temps réel Diagnostic précoce Mesure continue	Applications et systèmes compliqués Equipements onéreux Addiction Risques de surdiagnostics. Risques de nouveaux symptômes. Risque d'isolement social.
Opportunités	Menace
Réduction de l'inégalité géographique Adapté aux nouvelles générations Evaluation et évaluation écologique Formation des soignants Mesure physiologique	Challenge éthique Perception de déshumanisation Risque de dépersonnalisation et de standardisation Manque de consensus sur les marqueurs

Parmi les forces sont ainsi indiquées :

- L'objectivité de l'évaluation, que ce soit en termes d'homogénéisation des consignes ou de réduction des erreurs dues à une saisie manuelle.
- La personnalisation de la technologie, plus spécifiquement pour la prise en charge, qui permet d'augmenter le facteur motivationnel et d'engagement du patient et qui évite l'exclusion des utilisateurs ayant un trouble sensoriel.
- La possibilité d'utilisation à domicile qui permet à la fois d'avoir une évaluation nuit et jour et un entraînement continu mais aussi qui réduit les risques d'accidents dus aux trajets.
- Le feedback en temps réel pour les patients et les cliniciens qui permet notamment d'apporter une aide en direct à la régulation émotionnelle chez les patients.
- L'amélioration du diagnostic précoce en permettant une diffusion plus large des moyens d'évaluation et en incluant, de ce fait, une plus grande population pour l'établissement des normes des tests diagnostiques.

Parmi les faiblesses, on retrouve :

- La difficulté d'utilisation due à des systèmes et applications trop sophistiqués, et cela particulièrement pour les personnes âgées et les utilisateurs non expérimentés.
- Le coût du matériel informatique (caméras, ordinateurs puissants, écran 3D...).
- L'aspect intrusif, plus particulièrement pour les capteurs environnementaux dont les caméras RGB-D.
- Le risque addictif, notamment dans le cadre des serious games.
- Le risque de surdiagnostic des troubles émotionnels.
- Les effets secondaires à l'utilisation des nouvelles technologies tels que l'anxiété, les hallucinations, les délires de persécution et le risque de voir apparaître de nouveaux symptômes (difficulté de régulation émotionnelle, réduction de la composante cognitive émotionnelle...)
- Le risque de diminution des activités sociales, qui pourrait également influencer sur les compétences émotionnelles des patients.

Parmi les opportunités, sont mentionnées :

- Une réduction de l'inégalité géographique avec la possibilité de fournir des soins équivalents à des personnes qui vivent à des distances importantes des centres de santé et ceux qui vivent dans des grandes villes.
- Une évaluation adaptée aux nouvelles générations habituées aux nouvelles technologies.

- Une évaluation et une prise en charge écologique avec des mesures effectuées à domicile et une prise en charge des difficultés quotidiennes de manière plus pratique (telle qu'une réduction de l'anxiété quand elle arrive et non a posteriori).
- Une réduction des biais d'évaluation du au niveau social et culturel des patients notamment par la mesure de la fréquence cardiaque ou de la réponse cutanée sur lesquelles l'éducation n'a pas d'influence a priori.

Enfin les menaces identifiées sont :

- Le challenge éthique notamment en ce qui concerne le respect de la vie privée et l'informatisation de données personnelles.
- La déshumanisation par le remplacement des cliniciens et la réduction des contacts humains.
- Le manque de consensus quant aux marqueurs émotionnels spécifiques issus des nouvelles technologies et cela plus particulièrement au niveau des marqueurs vocaux et comportementaux.

Le questionnaire diffusé aux médecins généralistes et aux internes en psychiatrie portait notamment sur la pertinence de l'utilisation des NTICs dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels (tableau 3).

Tableau 3 : Utilisation des nouvelles technologies pour le dépistage et la prise en charge des troubles émotionnels.

	Internes		MG		p-valeur
	n	(%)	N	(%)	
Selon vous l'utilisation de nouvelles technologies dans votre salle d'attente avant de recevoir un patient peut-elle faciliter le dépistage d'un trouble affectif émotionnel					0,632
Pas du tout / peu pertinent	46	(32,6)	14	(41,2)	
Neutre	59	(41,8)	12	(35,3)	
Très pertinent / pertinent	36	(25,5)	8	(23,5)	
<i>Pour les personnes ayant répondu de peu pertinent à très pertinent à la question ci-dessus</i>					
Si l'utilisation d'un test informatisé (auto-questionnaire sur tablette numérique ou ordinateur) dans votre salle d'attente, peut faciliter le dépistage d'un trouble affectif / émotionnel					0,010
Pas du tout / peu pertinent	26	(21,1)	11	(52,3)	
Neutre	45	(36,6)	5	(23,8)	
Très pertinent / pertinent	52	(42,3)	5	(23,8)	
Si l'utilisation d'un capteur portatif (au poignet du patient par exemple, lorsqu'il est dans votre salle d'attente) peut faciliter le dépistage d'un trouble affectif / émotionnel					0,038
Pas du tout / peu pertinent	88	(71,5)	10	(47,6)	

Neutre	23	(18,7)	8	(38,1)	
Très pertinent / pertinent	12	(9,8)	3	(14,3)	
Selon vous l'utilisation de nouvelles technologies peut-elle constituer une aide à la prise en charge non pharmacologique d'un trouble affectif / émotionnel					0,001
Pas du tout / peu pertinent	13	(9,2)	11	(32,4)	
Neutre	47	(33,3)	13	(38,2)	
Très pertinent / pertinent	81	(57,4)	10	(29,4)	

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus les internes trouvent particulièrement pertinent l'utilisation de tests informatisés dans le cadre d'un trouble émotionnel (42,3%) à l'inverse des médecins généralistes qui les trouvent majoritairement peu pertinent (52,3%) ($p=0,010$).

De la même manière, les internes en psychiatrie et les médecins généralistes ont un avis qui diverge quant à l'utilisation des nouvelles technologies pour la prise en charge. En effet les internes les trouvent majoritairement pertinentes (57,4%) alors que les médecins généralistes ne sont que 29,4% à les trouver pertinentes ($p=0,001$).

D'une manière plus générale le questionnaire a permis de mettre en évidence que :

- Environ 25% des participants totaux (médecins généralistes et internes confondus) trouve que l'utilisation des NTICs pour la détection des troubles émotionnels est pertinente.
- Les tests informatisés sont, selon le panel interrogé, des solutions technologiques plus intéressantes que les capteurs portés pour la détection et le diagnostic des troubles émotionnels.
- 30% des participants pensent que l'utilisation des nouvelles technologies chez les personnes âgées et les patients atteints de la maladie d'Alzheimer est source d'intérêt.
- Les médecins généralistes ainsi que les internes trouve les NTICs plus pertinentes chez les patients fragiles ou à un stade débutant de maladie d'Alzheimer que à un stade sévère.

En conclusion, les experts ont jugé pertinente l'utilisation des nouvelles technologies, et plus spécifiquement la réalité virtuelle et les serious games, chez les patients ne présentant pas un degré de sévérité de maladie d'Alzheimer trop important. Cette recommandation est en accord avec les alertes effectuées par certains auteurs quant au risque de développer des hallucinations visuelles dans des pathologies neurodégénératives avec l'utilisation de la réalité virtuelle (Albani et al., 2015) et du fait que celles-ci sont en lien avec le degré de sévérité de la maladie (Bronnick et al., 2011). Les nouvelles technologies utilisées doivent, selon eux,

également différer selon les lieux avec préférentiellement l'utilisation des capteurs environnementaux au domicile, des capteurs portés à l'hôpital, et des tests informatisés au sein des cabinets médicaux. Enfin, ils indiquent que l'utilisation des nouvelles technologies en santé devrait se faire dans le cadre d'une prescription médicale par le médecin généraliste. La diffusion et la généralisation de ces technologies en santé serait donc d'autant plus dépendante de l'acceptabilité des médecins quant à ces dernières. Aussi, en reprenant le modèle d'acceptation de la technologie (TAM) (Hu et al., 1999) qui affirme que l'utilité perçue est un facteur déterminant de l'acceptation d'une technologie, les réponses des médecins généralistes au questionnaire que nous avons soumis peut expliquer en partie l'absence de généralisation des NTICs en santé. En effet, il apparaît que seuls 23,5% des médecins généralistes trouvent utiles les nouvelles technologies pour le dépistage des troubles émotionnels et seuls 29,4% les trouvent pertinentes dans la prise en charge. Ce constat semble mettre en avant l'importance de la formation, l'information, et l'implication des médecins généralistes dans l'utilisation des NTICs dans les troubles émotionnels pour la diffusion de ces dernières en santé.

Contributions personnelles :

Au sein de cette étude mes contributions personnelles ont été, notamment, d'animer la discussion avec les experts durant le Workshop de l'équipe CoBTeK, de réaliser et diffuser le questionnaire à destination des internes de psychiatrie et des médecins généralistes et d'interpréter et d'analyser les résultats. Cette interprétation a nécessité d'effectuer une revue de la littérature sur les différents outils technologiques disponibles pour l'évaluation des émotions, de mener une réflexion sur les éventuels risques présentés par l'utilisation de ces outils et de s'interroger quant à la raison de l'absence de leur généralisation.

Articles publiés en lien avec cette étude :

1. **Gros, A.**, Bensamoun, D., Manera, V., Fabre, R., Zacconi-Cauvin, A.-M., Thummler, S., Benoit, M., Robert, P., and David, R. (2016). Recommendations for the Use of ICT in Elderly Populations with Affective Disorders. *Frontiers in Aging Neuroscience* 8. (Annexe 1).
2. Bensamoun, D., **Gros, A.**, Manera, V., König, A., Guérin, O., Robert, P., and David, R. (2016). Troubles neuropsychiatriques et solutions technologiques. *Soins Gériatrie* 21, 18–20. (Annexe 2).
3. David, R., **Gros, A.**, Deutsch, L., König, A., Guerin, O., Robert, P., and Bensamoun, D. (2016). Place des nouvelles technologies en neuropsychiatrie. *NPG Neurologie - Psychiatrie – Gériatrie*.

Etude 2 : élaboration, normalisation et validation d'un test informatisé pour l'évaluation des troubles du ressenti et de la régulation des émotions.

Les experts ont souligné dans l'étude précédente (Gros et al., 2016a) que les serious games étaient particulièrement intéressants pour l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels. De même, les tests informatisés sont, selon les médecins généralistes et les internes en psychiatrie interrogés, des solutions technologiques plus intéressantes que les capteurs portés pour la détection et le diagnostic des troubles émotionnels.

Dans le cadre de cette étude nous avons développé un test visant à évaluer le ressenti émotionnel et la régulation de ce dernier via un paradigme implicite basé sur une tâche d'estimation temporelle suite à la visualisation de films émotionnels. Il a donc pour objectif d'évaluer à la fois la composante physiologique et la composante cognitive des émotions. Comme nous l'avons mis en évidence ces deux composantes sont en interaction constante par le biais de la voie fronto-limbique. Aussi, dans un grand nombre de pathologies il a été démontré un défaut de cet équilibre fronto-limbique notamment lors de troubles de la réactivité émotionnelle ou de la régulation de ce ressenti. Ce test a également pour objectif d'étudier l'émotion lorsqu'elle est ressentie, et non de manière a priori comme il est d'usage actuellement. Le paradigme implicite mis en place permet d'éviter la présence des biais d'attente et de connaissance, souvent retrouvés dans les mesures auto-rapportées utilisées en clinique. L'informatisation du test permet, notamment, de limiter les erreurs consécutives à une saisie manuelle des données et en transférant plus facilement ces données vers un logiciel de traitement statistique (Chuah et al., 2006) et d'homogénéiser les passations et la délivrance des consignes (Barak, 1999).

La première expérimentation a consisté à corréler les résultats du Clock'N test à des paramètres physiologiques (Gros et al., 2015), la deuxième expérimentation décrite a consisté à normaliser ce test (Gros et al., 2016) et la troisième expérimentation a permis de l'informatiser et de tester sa fidélité entre la version papier crayon et la version informatisée.

Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, actuellement, l'évaluation des émotions, et plus spécifiquement du ressenti émotionnel, se fait majoritairement par le biais d'auto-questionnaires tels que la DES (Ouss et al., 1990), la BMIS (Niedenthal et Dalle, 2001), la PANAS (Watson et al., 1988), la PAD (Mehrabian, 1996) et la SAM (Bradley et Lang, 1994). Mais, bien que tous ces instruments soient validés et utilisés dans la pratique clinique, ils s'appuient fortement sur la conscience de soi de la personne et peuvent être biaisés par les instructions et les attentes du patient. Ainsi les paradigmes implicites de tests semblent les

plus à même de réduire les biais éventuels tels que celui de désirabilité sociale. Parmi ces tâches dites implicites, l'estimation temporelle apparaît comme particulièrement pertinente. Le premier à avoir mis en évidence l'effet de la composante physiologique sur l'estimation du temps est le psychologue Hudson Hoagland (Hoagland, 1933). Il fut l'initiateur du concept d'horloge interne en étudiant les relations entre l'estimation du temps et la température corporelle. Il a ainsi formulé l'hypothèse de l'existence d'un mécanisme biologique générant des impulsions permettant d'évaluer les durées des événements et a suggéré que ce mécanisme pouvait être influencé par la température corporelle. À partir des observations de Hoagland, Treisman (Treisman, 1963) a élaboré la théorie de l'horloge interne, qui est à la base de tous les modèles actuels d'estimation du temps. Il a proposé que l'horloge interne se composait d'un stimulateur stimulant l'excitation, qui envoie continuellement et constamment des impulsions à un compteur. Gibbon (1984) a ensuite ajouté à l'architecture de base du modèle de Treisman l'idée d'un interrupteur, qui peut arrêter le nombre d'impulsions et peut être activé par des mécanismes attentionnels. Cette idée a été confirmée par plusieurs études qui ont montré que, lorsque l'attention du participant était éloignée de la tâche d'estimation du temps, il en résultait une sous-estimation du temps (Coull et al., 2004; 2011; Buhusi et Meck, 2005; Shi et al, 2013; Ulrich et al., 2006; Henry et al, 2015). Et en effet, il a été démontré que plus nous accordons d'attention à autre chose qu'au temps, plus le temps nous paraissait court (Macar et al., 1994). Selon le modèle d'horloge interne, il apparaît également que plus l'attention est portée sur la tâche d'estimation temporelle, plus les impulsions accumulées dans le pacemaker sont nombreuses, et donc le temps est surestimé.

Sur la base de ce modèle, et des différentes études ayant conforté ce dernier (Lejeune, 1998; Elliott et al., 2000; Burle et Casini, 2001), nous avons donc supposé que les jugements de durée reflétaient à la fois un composant physiologique, médié par l'excitation et un élément cognitif axé sur l'attention. Le ressenti émotionnel engendrerait ainsi un détournement attentionnel de la tâche à effectuer et donc une sous-estimation temporelle et la régulation émotionnelle générerait un retour à une surestimation du temps par refocalisation sur la tâche de bissection temporelle.

2.1. Corrélation entre le Clock'N test et la réponse électrodermale.

Afin de conforter cette hypothèse nous avons mené une première étude (Gros et al., 2015) chez 25 patients entre 55 et 95 ans (âge moyen de 75 ans) répartis selon la répartition d'hommes et de femmes de plus de 55 ans dans la population générale, soit 11 hommes et 14 femmes. Ils étaient tous droitiers et leur langue maternelle était le français. Leurs fonctions cognitives ont été évaluées au moyen de l'examen de Folstein Mini mental (MMSE) (Folstein,

Folstein, et McHugh, 1975), le test des Faux Pas (Gregory et al., 2002) et la Hamilton Depression Rating Scale (Hamilton, 1980). Des résultats anormaux à ces tests représentaient des critères de non-inclusion. Concernant la procédure d'expérimentation, nous avons demandé aux participants, pour commencer, d'estimer la durée de sept sons sans amorçage au préalable. Ils ont dû ensuite effectuer cette même tâche d'estimation temporelle des sept mêmes sons avec un amorçage par le biais de sept films sélectionnés dans la batterie développée par Shaefer et son équipe (Schaefer et al., 2010). Nous avons effectué des tests préliminaires sur 50 sujets sains afin de sélectionner des films qui ne soient pas traumatisants tout en pouvant générer une réponse électrodermale suffisamment visible. Sept films ont été sélectionnés: trois films avec une valence positive, trois films avec une valence négative, et un film avec une valence neutre pour servir de contrôle. Les sons utilisés pour la tâche de bissection temporelle étaient neutres et ont été générés par le logiciel PRATT (modèle LF-ARX). Afin de pouvoir obtenir une mesure objective nous avons choisi de mesurer la réponse électrodermale des participants en moyennant les pics phasiques observés. La réponse électrodermale a été mesurée en temps réel via le logiciel Viking Quest (Viasys Programme) en mode MMP (Multi Mode Program). Le modèle du matériel utilisé était le modèle Nicolet VQ. Les réglages généraux étaient une trace directe avance-auto en défilé continu, déclenchée et non corrélée à un stimulateur. Toutes les voix étaient acquises sur un seul amplificateur. Le filtre bas était de 1Hz, le filtre haut de 3Khz, la sensibilité de 0.5 millivolts et la base de temps de 1 seconde par division. Chaque voix d'acquisition faisait 20 secondes et il y avait huit voix, soit la possibilité d'enregistrer 2 minutes 40 secondes en continue et sur une même page. Le positionnement des électrodes était en conformité avec les recommandations traditionnelles (Fowles et al., 1981). L'appareil a été réglé à 500 microvolts mais lorsque la réponse était trop faible nous mettions une résolution de 200 microvolts. Nous avons vérifié également que la réponse était présente mais pas permanente, et que les temps de latence n'étaient pas trop allongés entre le stimulus et la réponse.

Au niveau de la passation du Clock'N test, la procédure a été divisée en deux phases. Dans la première phase, nous avons déterminé pour chaque participant un jugement de référence de temps sachant que l'estimation temporelle varie selon les individus et certains autres facteurs (par exemple, le temps de la journée, l'âge, le sexe, l'attention) (Droit-Volet et al., 2007; Lejeune, 1998). Dans la deuxième phase, nous avons étudié l'estimation temporelle des participants après amorçage par les stimuli vidéo.

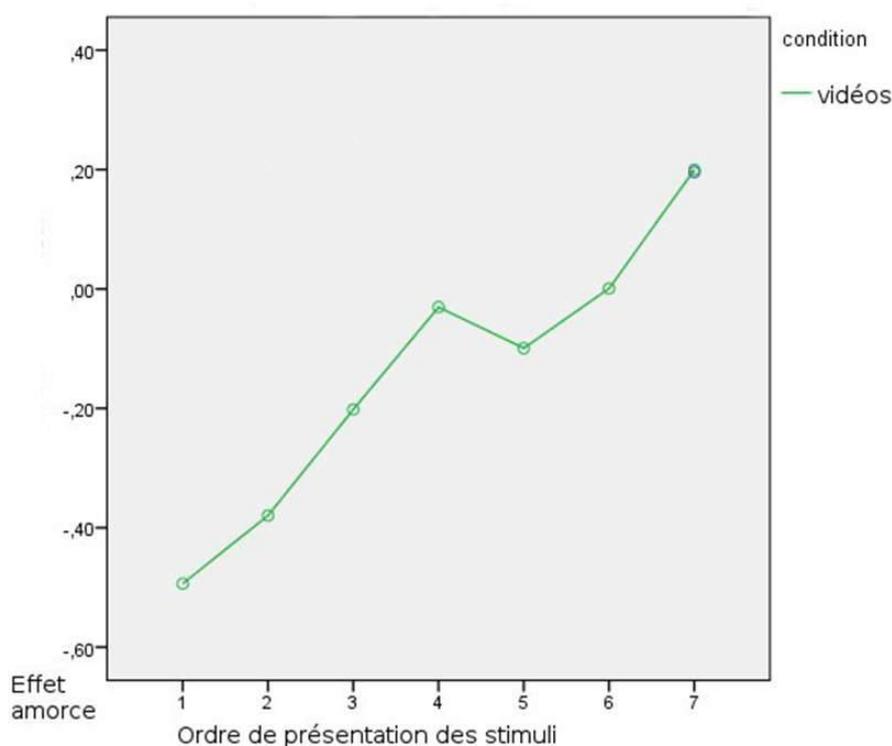
Lorsque la deuxième phase a commencé, le balayage EMG a été déclenché par l'expérimentateur. Le pic émotionnel d'intérêt a été entouré par l'expérimentateur. Il est celui qui arrivait quelques millisecondes avant la tâche d'estimation temporelle. Le fait de

l'entourer pendant l'expérimentation nous a permis de différencier la réponse émotionnelle face au film de celle due à l'écoute du son.

Pour obtenir une mesure objective de la déformation temporelle après amorçage, pour chacun des participants et pour chaque stimulus, nous avons calculé la différence entre l'estimation temporelle sans amorçage et l'estimation temporelle après amorçage. La déformation temporelle a ensuite été analysée par le biais d'une ANOVA (analyse de variances) à mesures répétées et avec l'ordre de présentation comme une variable intra-sujet. La réponse électrodermale (RED) a été mesurée par un moyennage de l'amplitude des pics phasiques obtenus pendant la présentation du stimulus vidéo. L'analyse de la réponse électrodermale a également été réalisée par le biais d'une ANOVA à mesures répétées et avec l'ordre de présentation comme une variable intra-sujet. Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant SPSS 20.0 (IBM).

Les résultats ont mis en évidence un effet de sous-estimation temporelle après amorçage émotionnel par les stimuli vidéos qui diminue de plus en plus jusqu'à passer à une surestimation (à partir de la sixième présentation) (figure 12). Un effet hautement significatif de l'ordre de présentation a été trouvé après amorçage par les stimuli vidéos ($F(6,144) = 18.16, p < 0,001$; contraste linéaire: $F(1,24) = 72.77, p < 0,001$).

Figure 12 : Courbe de déformation temporelle (en sec) selon l'ordre de présentation des stimuli et la condition d'amorçage.



L'ordonnée est la déformation temporelle exprimée en secondes. L'abscisse symbolise le numéro des différents stimuli selon l'ordre de présentation. On peut voir que la déformation temporelle est ascendante suite à l'amorçage émotionnel via les vidéos.

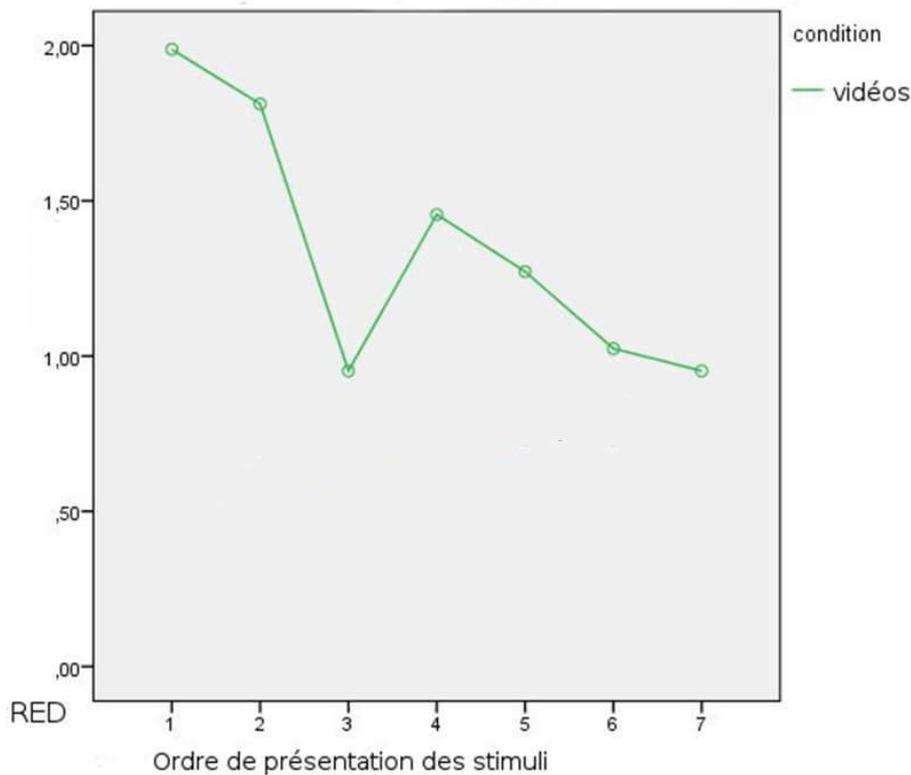
Afin de vérifier si cette modification des effets des stimuli vidéos sur l'estimation temporelle était bien due à l'ordre de présentation, et non à l'excitation générée par chacune des vidéos, nous avons procédé à une analyse de la variance selon l'aspect activateur des vidéos. Le contraste linéaire, en utilisant l'intensité des vidéos comme variable, n'a pas montré de significativité statistique ($F(1,24) = 2,63, p = 0,118$). En outre, afin de vérifier si la durée des sons cibles à estimer avait eu une influence sur l'estimation temporelle des sujets, nous avons recalculé l'ANOVA en fonction de la durée cible. Le contraste linéaire avec la durée des cibles comme variable principale n'a pas été significatif ($F(1,24) = 1,25, p = 0,274$) et a donc confirmé que l'ordre de la présentation était la principale variable dans la déformation temporelle engendrée par la présentation de stimuli émotionnels. Enfin, de façon à explorer les effets potentiels de la valence émotionnelle des stimuli en amorçage (négatif vs positif), nous avons comparé la déformation temporelle moyenne pour les stimuli positifs et les stimuli négatifs. L'ANOVA réalisée n'a mis en évidence aucune différence significative dans la déformation temporelle engendrée par des vidéos de valence positive ou négative ($F(1,24) = 0,79, p = 0,384$).

Par l'étude de la réponse électrodermale, nous avons ensuite cherché à savoir si les résultats obtenus en estimation temporelle pouvaient être corrélés à cette dernière. Nous avons ainsi mis en évidence le même constat que celui précédent avec un effet principal significatif de l'ordre de présentation des stimuli ($F(6,288) = 9,58, p < 0,001$). Le premier stimulus présenté étant associé à une réponse électrodermale supérieure aux derniers stimuli présentés (figure 13). Le troisième stimulus utilisé était le moins activateur car était le film neutre.

Afin de vérifier que le changement de la réponse électrodermale était bien dû à l'ordre de présentation des stimuli, et non par le potentiel effet activateur plus marqué des premiers stimuli vidéos par rapport au derniers, nous avons recalculé l'analyse de la variance en fonction de l'aspect activateur des stimuli vidéos. Le contraste linéaire, en utilisant l'intensité des vidéos comme variable, n'a pas été statistiquement significatif ($F(1,24) = 0,02, p = 0,902$).

Enfin, de façon à explorer les effets potentiels de la valence émotionnelle des stimuli utilisés en amorce, nous avons comparé la différence dans la réponse électrodermale après amorçage par le biais de stimuli positifs comparativement à des stimuli négatifs. L'ANOVA n'a relevé aucune différence significative dans les réponses électrodermales face à des stimuli vidéos positifs et négatifs ($F(1,24) = 1,05, p = 0,316$).

Figure 13 : Courbe de variations de la réponse électrodermale selon l'ordre de présentation des stimuli et la condition d'amorçage.



L'ordonnée représente l'amplitude de la réponse électrodermale exprimée en microsiemens. L'abscisse symbolise le numéro des différents stimuli selon l'ordre de présentation. On peut voir que la déformation temporelle est descendante pour la condition d'amorçage vidéo.

En conclusion, les résultats de cette première étude sur le Clock'N test ont montré que les changements dans la réponse cutanée étaient corrélés aux changements d'estimation temporelle avec une sous-estimation temporelle associée à une réponse électrodermale maximale au début et un passage à une surestimation temporelle et à une baisse de la réponse physiologique au fil du temps. A partir de la théorie d'horloge interne développée par Gibbon nous pouvons ainsi supposer que, au début de l'expérience, des facteurs émotionnels de type focalisation attentionnelle sur la vidéo prévalaient. Ainsi l'attention étant concentrée sur les stimuli émotionnels, l'interrupteur n'a pas pu s'ouvrir pour laisser entrer les impulsions générées par le pacemaker. Et donc, bien que dans notre étude les réponses physiologiques étaient plus importantes et donc les impulsions générées plus nombreuses, un plus petit nombre a pu entrer dans le compteur. Ce mécanisme propre à l'attention portée à l'émotion et donc au ressenti émotionnel a ainsi engendré une sous-estimation temporelle (Zakay, 2005; New et Scholl, 2009). Ce résultat est cohérent avec les études montrant que les stimuli émotionnels capturent les ressources attentionnelles et entraînent en conséquence une sous-estimation de temps (Angrilli et al., 1997; Droit-Volet et Meck, 2007; Droit-Volet et al.,

2010). Au fil de la passation, un effet d'accoutumance semble avoir eu lieu, favorisé par le stimulus neutre à la troisième présentation. Cela, selon notre hypothèse, aurait permis une ouverture plus rapide de l'interrupteur par une régulation émotionnelle. En effet le détournement attentionnel face à l'émotion, pourrait avoir permis une refocalisation sur la tâche à effectuer et donc une ouverture plus rapide de l'interrupteur. Ainsi, même si les impulsions arrivaient moins rapidement dans le pacemaker (confirmé par la réduction de la réponse électrodermale), le nombre d'unités stockées aurait été au final plus élevé, ce qui aurait engendré la surestimation temporelle constatée.

2.2. Facteurs d'influence et normalisation du Clock'N test.

Notre première expérimentation a permis de mettre en évidence qu'une procédure d'amorçage, reposant sur une tâche d'estimation temporelle après la présentation de stimuli émotionnels, pouvait permettre d'évaluer des troubles émotionnels propres aux composantes physiologique et cognitive des émotions. Nous avons donc ensuite décidé d'établir des normes chez une population témoin au « Clock'N test » afin que celui-ci puisse être utilisé et validé chez des patients présentant des troubles émotionnels. Nous avons ainsi commencé par définir les critères d'influence susceptibles de pouvoir exister.

Sur la base des résultats obtenus dans des populations témoins et pathologiques aux tests de régulation émotionnelle recueillis dans de précédentes études (Gross, 2008; Samson et al., 2015), nous avons estimé que 90 participants étaient nécessaires au minimum pour observer une différence significative ($f = 0,425$) dans la régulation émotionnelle de l'émotion avec une ANOVA à une voie et avec comme facteur la différence de groupes entre sujets ($\alpha = 0,05$, puissance = 0,95). Afin de définir des éventuelles variables d'intérêt, et d'établir nos normes, nous avons décidé d'inclure un total de 150 sujets répartis dans les tranches d'âge 19-39 ans; 40-60 ans et 61-81 ans. Des scores non pathologiques à l'HDRS, au MMSE et au test des faux pas étaient nécessaires pour être inclus.

Pour analyser l'effet des différents facteurs potentiels d'influence sur l'estimation temporelle de base nous avons analysé les résultats par le biais d'une ANOVA à mesures répétées, avec l'estimation temporelle de base comme une variable dépendante et chacun des facteurs potentiels d'influence (âge, sexe et latéralité) comme variable indépendante.

Pour obtenir une mesure objective de la déformation temporelle de base, pour chacun des participants et pour chaque stimulus nous avons calculé la différence entre l'estimation temporelle de base et la durée réelle des sons. La déformation temporelle a ensuite été analysée par le biais d'une ANOVA à mesures répétées et avec la déformation temporelle de

base comme une variable dépendante et chacun des facteurs potentiels d'influence (age, sexe et latéralité) comme variable indépendante. Enfin, pour obtenir une mesure objective de la déformation temporelle après amorçage, nous avons calculé la différence entre l'estimation temporelle de base de chaque participant et l'estimation temporelle après amorçage. Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant SPSS 20.0 (IBM).

L'ANOVA à mesures répétées sur la déformation temporelle après amorçage émotionnel a ainsi montré un effet significatif de l'âge ($F(12,882) = 2.848$; $p = 0.001$) qui confirme les recherches suggérant un changement dans les processus émotionnels au cours de l'âge faisant état d'une réactivité moins importante face à des stimuli négatifs par rapport aux plus jeunes (Calder et al., 2003). En revanche, la réponse physiologique face à des vidéos positives a été également moins élevée chez les personnes les plus âgées ($F(12,816) = 1.81$; $p < 0.05$). Ces résultats sont en désaccord avec le biais de positivité précédemment décrit (Leppanen et Hietanen 2003).

De même, au niveau des capacités de régulation émotionnelle, nous n'avons pas trouvé un passage en surestimation temporelle plus rapide chez les plus âgés par rapport aux plus jeunes contrairement à ce qui aurait pu être attendu face aux données de la littérature (Sims et al., 2015 ; Scheibe et al., 2015).

Au niveau statistique nous n'avons pas pu mettre en évidence d'effet significatif du sexe sur la déformation temporelle ($F(6, 114) = 11,90$; $p = 1.42$). En revanche des différences sont notables avec notamment une sous-estimation temporelle plus accentuée au début de l'expérience chez les femmes. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature qui suggèrent une réactivité émotionnelle plus élevée chez les femmes (McManis et al., 2001). Elle est confirmée par l'étude de la réponse électrodermale qui met en évidence des amplitudes plus élevées pour l'ensemble des stimuli présentés et un effet significatif du facteur sexe ($F(6, 822) = 2.99$; $p = 0.02$). De même nos résultats confirment les constats issus de la littérature (Nolen-Hoeksema, 2012 ; Monteiro et al., 2014) quant aux meilleures capacités de régulation des femmes du fait d'une régulation du ressenti physiologique au cours de la deuxième phase plus marquée que pour les hommes. Enfin l'étude de la réactivité émotionnelle face au septième stimulus confirme l'activation physiologique plus importante pour les hommes que pour les femmes (par rapport à leur réactivité moyenne) lors de visualisation de scènes érotiques (Bradley et al., 2015).

Tout comme pour l'estimation temporelle et la déformation temporelle de base, l'ANOVA à mesures répétées effectuée sur la déformation temporelle après amorçage émotionnel n'a pas mis en évidence d'effet significatif de la latéralité ($F(12, 822) = 0.63$; $p = 0.822$). Néanmoins, le nombre d'ambidextres a limité la possibilité d'avoir une significativité statistique.

La deuxième étape de cette expérimentation avait pour objectif d'établir des données normatives et donc d'étalonner le Clock'N test. Etant donné que nous avons mis en évidence que l'âge était le seul facteur d'influence statistiquement significatif, nous avons décidé de définir l'échantillon représentatif de la population selon la répartition actuelle de la population dans les tranches d'âge d'intérêt. Nous avons sur notre échantillon de départ 50 personnes par tranche d'âge. Nous avons donc conservé ces 50 personnes pour la tranche 40 à 60 ans et avons inclus 4 personnes supplémentaires. Sur la base de ces 54 personnes nous avons ensuite calculé le nombre de personnes nécessaires dans chaque tranche d'âge selon le pourcentage défini au départ. Nous avons donc conservé 48 personnes dans la tranche 19-39 ans et 35 personnes dans la tranche d'âge 61-81 ans soit un total de 137 personnes conservées pour la normalisation. Nous avons enlevé sur notre échantillon de départ les 5 personnes ambidextres qui avaient montré des résultats divergeant des droitiers et gauchers ainsi que huit autres personnes choisies de façon aléatoire.

A partir de l'échantillon représentatif de la population selon le critère d'âge, nous avons commencé par définir le découpage entre la phase 1, représentative du ressenti émotionnel, et la phase 2, représentative de la régulation émotionnelle. En référence à la théorie d'horloge interne nous avons découpé ces deux phases selon le passage en surestimation temporelle observée chez la plupart des participants (que l'on a nommé « intercept sound » et qui est apparu lors de la visualisation de la quatrième vidéo). Le tableau 4 représente les moyennes et écart-types du score 1, qui est calculé par la moyenne de la déformation temporelle après amorçage des trois premiers sons, et du score 2, qui est calculé par la différence entre la moyenne de la déformation temporelle des trois derniers sons et le score 1.

Tableau 4 : Moyennes et écart-types des scores 1 et 2.

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
score1	137	-10,17	10,07	-2,5820	2,84173
score2	137	-6,83	14,00	3,1095	3,30486
N valide (liste)	137				

Nous pouvons constater qu'en moyenne les sujets ont une sous-estimation temporelle de 0.25 secondes (soit 2.58 cm sur la tâche de bissection) pour les trois premiers sons et une surestimation temporelle supérieure à 0.31 secondes en moyenne sur les trois derniers sons par rapport aux trois premiers sons.

Les normes ont été établies sous forme de quantiles, ce qui présente l'avantage d'être adapté aux distributions qui suivent ou non la loi normale. Les résultats normatifs sont représentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Distribution des scores 1 et 2 obtenus en centiles.

		score1	score2
N	Valide	137	137
	Manquant	64	64
Moyenne		-2,5820	3,1095
Médiane		-2,6333	2,7667
Mode		-2,67	,87 ^a
Ecart type		2,84173	3,30486
Variance		8,075	10,922
Minimum		-10,17	-6,83
Maximum		10,07	14,00
Centiles	5	-6,9067	-1,7133
	10	-6,0400	-,7133
	15	-5,4400	,0933
	20	-4,9067	,6733
	25	-4,4833	1,0000
	30	-4,2267	1,5267
	40	-3,3267	2,1467
	50	-2,6333	2,7667
	60	-1,8800	4,0000
	70	-1,2267	4,6333
	75	-,6333	5,1167
	80	-,2800	5,4067
	85	,0767	6,1433
	90	,6667	6,9467
	95	1,8400	8,5900

Le tableau 5 met en évidence des normes comprises entre -6.04 et -0.63 cm (score entre le 10^{ème} et le 90^{ème} percentile) pour le score 1 et entre -0.71 et 6.95 cm pour le score 2.

Enfin, pour évaluer la cohérence interne du test nous avons utilisé l'indice alpha de Cronbach comme il est effectué dans la plupart des études. Pour une première étude il est reconnu que l'indice alpha est acceptable à partir du seuil minimal de 0.60, aussi nous retrouvons un indice alpha acceptable de 0.65 pour les trois premiers items et un bon indice alpha (0.72) pour les trois derniers items.

2.3. Informatisation du Clock'N test.

Dans une troisième expérimentation nous avons souhaité faire évoluer ce test, à l'origine sous un format papier crayon, en l'informatisant sous la forme d'un serious game et avons testé sa fidélité entre les deux versions.

Le Clock'N test informatisé a été développé sous la forme d'application web en HTML5, CSS3 et Javascript.

L'application se compose d'une unique page HTML, ce qui permet :

- de recharger l'application en actualisant simplement la page web.
- de charger tous les médias au lancement de l'application, et ainsi d'éviter les éventuelles lenteurs de chargement en cours de route.

Concrètement, cette page est composée de 19 tables, chacune adaptée à la taille de l'écran et apparaissant de manière successive. Les vidéos ont été encodées aux formats m4v et ogv. Les images sont au format png. L'utilisateur reçoit les consignes, puis visualise un exemple avant de commencer le test. Pour chaque vidéo, l'utilisateur évalue la durée du son sur une échelle analogique allant de 0 à 2 secondes, avec une précision au centième de seconde. L'utilisateur peut repositionner le curseur sur l'échelle analogique autant de fois qu'il le souhaite mais doit impérativement donner une réponse pour pouvoir passer à la vidéo ou au son suivant.

A la fin du test, un fichier CSV est généré et téléchargeable. Il répertorie la date et l'heure auxquelles le test a été effectué, les durées des sons estimées pour chaque essai, les différences d'estimation entre les sons précédés de vidéo ou non, et les écarts avec les valeurs réelles.

Un graphe de prévisualisation des résultats est également disponible. Il montre les différences d'estimation entre les sons précédés de vidéo ou non sous forme d'un histogramme. Les valeurs analogiques ne sont pas visibles, ce graphe sert à indiquer la tendance des résultats avant une analyse plus approfondie par le clinicien.

Le nombre de personnes incluses dans les études portant sur la corrélation entre les versions papier crayon et les versions informatisées est variable mais le plus souvent compris entre vingt et cent (Chang et al., 2014; Pilli et al., 2013). Nous avons ainsi inclus un total de 50 personnes avec un échantillonnage représentatif de la population selon les classes d'âge de la même manière que pour l'établissement de nos normes. Ainsi 17 personnes entre 19 et 39 ans (8 femmes et 9 hommes), 20 personnes entre 40 et 60 ans (10 femmes et 10 hommes) et 13 personnes entre 61 et 81 ans (7 femmes et 6 hommes), ont été incluses.

Les participants inclus pour passer la version informatisée du test n'ont pas été les mêmes que ceux inclus pour la version papier-crayon afin que l'effet re-test n'influe pas sur les résultats, et cela contrairement à un certain nombre d'études qui ont préféré inclure les mêmes patients (Chang et al., 2014). En plus de recueillir leurs scores nous avons calculé leurs temps de passation et nous leur avons demandé s'ils appréciaient la forme informatisée de ce test.

Comme nous l'avons expliqué, nos deux échantillons sont indépendants bien que corrélés (en terme d'âge et de sexe). Pour cette raison nous avons utilisé le test t de student que nous avons calculé par le biais du logiciel SPSS (IBM) (tableau 6).

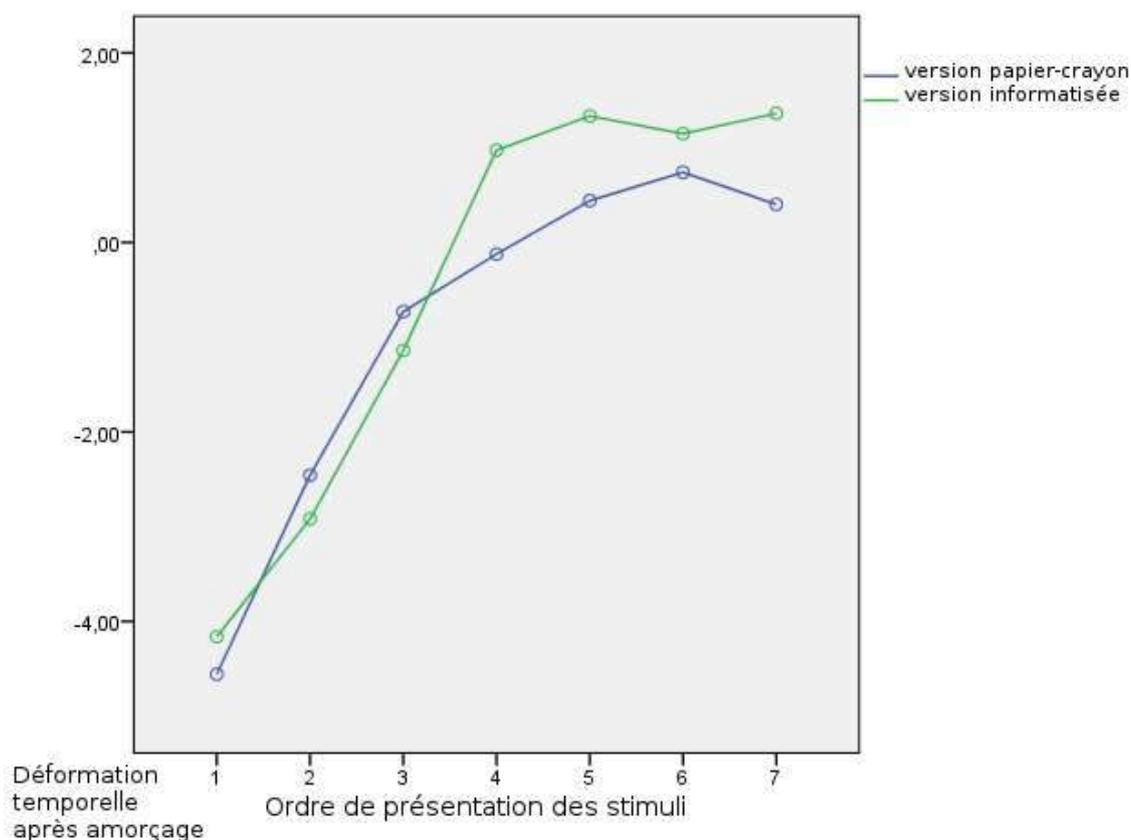
Tableau 6 : Test t pour échantillons indépendants sur la différence entre les scores 1 et 2 dans les versions papier-crayon et informatisée.

	Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes							
	F	Sig.	t	ddl	Sig.	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %		
								Inférieur	Supérieur	
score1										
	Hypothèse de variances égales	,285	,594	,346	185	,730	,15800	,45663	-,74286	1,05887
	Hypothèse de variances inégales			,365	96,929	,716	,15800	,43291	-,70121	1,01722
score2	Hypothèse de variances égales	2,128	,146	-1,827	185	,069	-,95696	,52388	-1,99052	,07659
	Hypothèse de variances inégales			-1,549	67,033	,126	-,95696	,61777	-2,19002	,27609

Les résultats du tableau 6 montrent deux valeurs de t possibles. La première ligne de résultats concerne la situation où les variances des deux groupes sont égales et la seconde ligne concerne la situation où les variances des deux groupes sont inégales. Dans le score 1 les variances sont égales. En revanche dans le score 2 les variances sont inégales ce qui nous incite à regarder la seconde ligne pour t. Au niveau des résultats du test t proprement dit, on remarque que la valeur t de la première ligne pour le score 1 est de 0.346 avec un degré de signification de 0.730. Il n'y a donc pas de différence significative entre le score 1 dans la version papier et dans la version informatisée du test. Pour le score 2 la valeur de t de la seconde ligne est de -1.549 avec un degré de signification de 0.126. Il n'y a donc pas de différence significative non plus au niveau de la passation par version informatisée et papier crayon dans le score 2.

Aussi, et malgré que l'on ne retrouve pas de différence significative entre la version papier-crayon et la version informatisée, la figure 14 laisse apparaître une courbe plus éloignée du 0 dans la version informatisée et plus particulièrement dans la phase 2 du test. Ce résultat va dans le sens d'un plus fort pouvoir activateur des vidéos par la version informatisée que par la version papier-crayon, malgré des capacités de détournement attentionnel efficaces. Nous pouvons supposer que la présence moins marquée de l'évaluateur permet une meilleure implication émotionnelle du participant.

Figure 14 : Figure de déformation temporelle après amorçage dans la version du test papier-crayon et dans la version informatisée.



L'ordonnée représente la déformation temporelle après amorçage exprimée en centimètres (=0.10 sec). L'abscisse symbolise le numéro des différents stimuli selon l'ordre de présentation. Le trait bleu représente la version papier-crayon, le trait vert la version informatisée.

Au niveau de l'acceptabilité des utilisateurs, et conformément aux données de la littérature (Chang et al., 2014), la totalité des participants a dit apprécier la version informatisée. Cela est en accord avec d'autres études effectuées chez des participants âgés entre 50 et 65 ans et qui mettaient en évidence que la version tactile était perçue comme plus fiable et agréable (Kleinman et al., 2001 ; Greenwood, 2006 ; Millsopp et al., 2006). Aussi, malgré que 23% des personnes incluses n'avaient pas l'habitude de se servir d'un écran tactile, le temps de passation a été réduit par rapport à la version papier de trois minutes en moyenne (20.5 vs 17,5 mn). Ce constat est en accord avec les études ayant montré que l'écran tactile permet de générer des réponses plus rapides (Pouwer et al., 1998 ; Aşkar et al., 2012).

En conclusion, cette deuxième étude a permis d'élaborer un test original visant à évaluer le ressenti émotionnel et la régulation des émotions de manière objective et sans matériel coûteux et lourd. Le développement d'une version informatisée a ensuite permis de renforcer

l'acceptabilité des utilisateurs et de réduire le temps de passation sans générer pour autant de différence statistiquement significative que ce soit dans le score 1 ($t=0.346$; $p=0.730$) ou le score 2 ($t=-1.549$; $p=0.126$) par rapport à la version papier-crayon. Cette équivalence de mesure entre les versions papier et les versions utilisant un écran tactile a été déjà démontré dans divers tests (Young et al., 2009 ; de Bree et al., 2008 ; Bushnell et al., 2003).

Le test que nous avons développé peut ainsi permettre de mettre en évidence une réactivité émotionnelle trop faible qui se caractérise par un score 1 supérieur à 0.67 cm (et donc par une déformation temporelle moyenne supérieure à 0.067 secondes). Ainsi il pourrait être utilisé pour évaluer l'apathie dans le domaine émotionnel chez les patients atteints de la Maladie d'Alzheimer (Lyketos, 2002; Apostovola, 2008) mais aussi dans la maladie de Parkinson où l'apathie a été reliée à une hypoactivité amygdalienne dès le début de la maladie (Tessitore et al., 2002). Enfin, il pourrait également être utilisé chez des patients post AVC qui présentent des lésions des ganglions de la base (Onoda, 2011) ou du lobe temporal (Okada, 1997).

Un score 1 supérieur à -6,40 cm (et donc une sous-estimation temporelle moyenne pour les trois premiers stimuli supérieure à 0.64 secondes) permet à l'inverse de mettre en évidence un excès de ressenti émotionnel et pourrait être utilisé notamment dans les troubles anxieux généralisés et les troubles bipolaires (Houenou et al., 2011).

Le deuxième score mesuré par le Clock'N test permet de mesurer la régulation des émotions. Un score 2 inférieur à -0.071 secondes (et donc une absence de surestimation temporelle) suggère ainsi un défaut des capacités de régulation émotionnelles. Des troubles de ce type ont été recensés dans le cadre de nombreuses pathologies mais ils ont rarement été étudiés de manière dynamique. Ainsi on peut supposer que la fréquence de trouble de régulation émotionnelle est sous-estimée du fait des biais d'attente et de connaissance générés par les mesures auto-rapportées, majoritairement utilisées dans des évaluations de ce type. Utiliser le Clock'N apparaît ainsi pertinent pour étudier les capacités de régulation émotionnelle dans les troubles bipolaires qui sont reconnus pour présenter un dysfonctionnement des régions préfrontales (Phillips et al., 2003), chez les patients ayant subi un accident vasculaire cérébral (Cooper et al., 2015) ou encore chez les patients atteints d'une tumeur du cervelet (Hopyan et al., 2010).

Ce test ayant pour objectif de représenter le ressenti et la régulation des émotions mais également leur interrelation, il est intéressant de nous interroger sur la signification d'un score 2 trop élevé au Clock'N test (et donc avec une surestimation temporelle supérieure à 0,69 secondes). En effet, selon la théorie de l'horloge interne, ce score supposerait des capacités de régulation émotionnelle efficaces mais avec un ressenti physiologique demeurant trop élevé générant une entrée des impulsions dans le compteur plus importante lors de l'ouverture de

l'interrupteur par refocalisation attentionnelle sur la tâche à effectuer. Nous n'avons pas connaissance de recherches portant sur des troubles de ce type mais il paraîtrait intéressant de l'évaluer dans des pathologies telles que les troubles anxieux.

Nos perspectives de recherche sont par conséquent de pouvoir évaluer l'intérêt du Clock'N test dans les différentes pathologies énoncées. L'apathie dans le domaine émotionnel, du fait de l'hyporéactivité émotionnelle décrite, est un symptôme particulièrement ciblé. Pour cette raison nous avons mis en place un protocole au Centre Mémoire Ressources et Recherche de Nice utilisant le Clock'N test pour évaluer l'apathie dans le domaine émotionnel chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer.

Tableau récapitulatif de l'intérêt du Clock'N test par rapport à d'autres types de mesures :

Tableau 7 : Comparaison des mesures utilisées en clinique et en recherche avec la mesure développée dans cette étude pour la détection des troubles émotionnels étudiés dans cette étude.

		Mesure objective	Mesure dynamique	Mesure clinique	Mesure ressenti	Mesure régulation
Mesures utilisées en clinique.	Inventaire Apathie.			✓	✓	
	Echelle d'anxiété de Hamilton.			✓	✓	
	Emotion Regulation Questionnaire.			✓		✓
Mesures utilisées en recherche.	Réponse électrodermale.	✓	✓		✓	
	Fréquence cardiaque	✓	✓		✓	
	Tension artérielle.	✓	✓		✓	
	Actigraphie.	✓	✓		✓	
	Fréquence respiratoire.	✓	✓		✓	
	Electromyogramme facial.	✓	✓		✓	✓
	Tension musculaire frontale.	✓	✓			✓
	Electroencéphalographie.	✓	✓			✓
Mesures proposées.	Résultats aux scores 1 et 2 du « Clock'N test ».	✓	✓	✓	✓	✓

Ce tableau a pour objectif de conclure schématiquement en mettant en évidence l'apport du test que nous avons développé par rapport aux échelles utilisées en clinique et aux mesures mises en place en recherche pour la détection des troubles du ressenti émotionnel et de sa régulation et donc des

troubles dans les composantes physiologique et cognitive des émotions.. Il est important en ce sens de souligner que le Clock’N test envisage l’évaluation des émotions de la même façon que le fonctionnement émotionnel lui-même en considérant l’évaluation de la régulation des émotions indissociable de l’évaluation du ressenti et vice-versa. Il a l’avantage également de permettre une évaluation objective, quantitative, dynamique et facilement utilisable en clinique. Il est néanmoins à souligner que le Clock’N test ne permet pas d’évaluer l’ensemble des comportements ou activités physiologiques et/ou cérébrales mesurés par les outils décrits dans ce tableau.

Contributions personnelles :

Au sein de cette étude mes contributions personnelles ont été à la fois d’élaborer le paradigme de test (notamment en effectuant de divers prétests), de rédiger et soumettre le protocole de recherche (Comité d’éthique Est I, numéro de déclaration: 1758780v0), de réaliser les différentes expérimentations au sein du département de Neurophysiologie de Dijon et au sein du Centre Mémoire Ressources et Recherche de Nice et d’analyser les résultats. Dans le cadre des expérimentations, j’ai également encadré une interne de neurologie, Anais Daumas, qui a effectué son master 2 en Neurosciences sur le sujet. Enfin, l’informatisation du test a été faite en collaboration avec les ingénieurs informaticiens de l’équipe CoBTek, Emmanuelle Chapoulie et Alexandre Derreumaux.

Articles publiés et communications orales et écrites en lien avec cette étude :

1. **Gros, A.,** Manera, V., Daumas, A., Guillemin, S., Rouaud, O., Martin, M.L., Giroud, M., and Béjot, Y. (2016). The Clock’N Test as a Possible Measure of Emotions: Normative Data Collected on a Non-clinical Population. *Frontiers in Behavioral Neuroscience 10.* (Annexe 3)
2. **Gros, A.,** Giroud, M., Bejot, Y., Rouaud, O., Guillemin, S., Aboa EboulÃ©, C., Manera, V., Daumas, A., and Lemesle Martin, M. (2015). A time estimation task as a possible measure of emotions: difference depending on the nature of the stimulus used. *Frontiers in Behavioral Neuroscience 9.*
3. **Gros, A.,** Daumais, A., Giroud, M., Béjot, Y., Rouaud O., Guillemin S., and Lemesle Martin M. “Estimation temporelle et exploration du système limbique.” *Revue Neurologique 171* (April 2015): A25–26. doi:10.1016/j.neurol.2015.01.051.
4. **Gros, A.** Workshop Innovation Alzheimer. Communication orale. « Développer des applications pour les troubles affectifs. Evaluation des émotions de manière implicite : Le Clock’N test. ». Institut Claude Pompidou, Nice. 12 novembre 2015

Etude 3 : Prise en charge du ressenti émotionnel et de la régulation de ce dernier par le biais d'une immersion sensori-virtuelle.

Notre précédente étude sur le Clock'N test a permis de développer un outil informatisé permettant d'évaluer la composante physiologique (ressenti émotionnel) et la composante cognitive des émotions (régulation émotionnelle). Néanmoins la mise en évidence de troubles de ce type nécessite également de mettre au point des outils permettant leur prise en charge.

Aussi, la première étude que nous avons effectuée a mis en évidence que les nouvelles technologies particulièrement recommandées par les experts pour la prise en charge des troubles émotionnels étaient les serious games et la réalité virtuelle. De même, les troubles émotionnels qui sont, selon les experts mais aussi selon les médecins généralistes et les internes en psychiatrie interrogés, les plus concernés par l'utilisation des nouvelles technologies sont l'anxiété et la dépression.

Les troubles anxieux comptent parmi les troubles mentaux les plus courants, leur prévalence au cours de la vie étant de 16 à 29 % (Kessler et al., 2009). Chez le sujet âgé présentant un vieillissement cognitif normal, et plus encore chez le sujet âgé présentant des troubles cognitifs, les troubles anxieux sont particulièrement fréquents et les événements liés à la santé sont un des facteurs importants d'apparition des symptômes (Arbus et al., 2014). Dans l'anxiété, des biais attentionnels à la menace ont été mis en évidence du fait d'une attention plus sélective et donc focalisée sur des informations bien spécifiques (Peers et al, 2013).

Aussi il a été démontré un impact de l'anxiété sur les performances cognitives (Eysenck and Calvo, 1992; Braver et al., 2014; Zhou et al., 2012). Devonka et Dolcos (2015) ont notamment mis en évidence que les émotions, et plus particulièrement le stress, pouvaient avoir un effet à différents niveaux, sur des processus simples (par exemple la perception) comme sur des processus cognitifs plus élaborés (comme le fonctionnement mnésique ou exécutif).

L'anxiété, du fait de la focalisation attentionnelle sur les éléments de crainte, représente à la fois un ressenti émotionnel exacerbé (défaut de la composante émotionnelle physiologique) et une régulation émotionnelle déficitaire (défaut de la composante émotionnelle cognitive).

Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, la régulation émotionnelle est fréquemment utilisée dans la vie quotidienne face à des événements anxigènes et est effectuée en utilisant une variété de stratégies cognitives implicites et explicites (Webb et al., 2012). Les stratégies implicites sont involontaires et semblent se produire sans effort. En revanche, les stratégies explicites sont volontaires et exigent un degré de contrôle émotionnel. La stratégie explicite la plus communément utilisée pour réguler ses émotions est l'évitement attentionnel (ou

suppression expressive) qui consiste à éviter les situations présentant des stimuli riches en émotions (Xing et Isaacowitz, 2006 ;Egloff et al., 2006; Ehring et al, 2010). Aussi, et s'il est démontré un déficit dans la mise en place de ces stratégies chez les patients présentant un trouble anxieux, les données de littérature sont moins claires quant aux stratégies de régulation utilisées par les personnes âgées. En effet, toutes les études ne s'accordent pas puisque pour certains auteurs les personnes âgées vont opter majoritairement pour une stratégie de suppression émotionnelle (Scheibe et al., 2015) alors que d'autres montrent la mise en place majoritaire de techniques de régulation de l'ordre de la réévaluation (Devereux et al., 2015).

Les techniques physio-relaxantes font quant à elles partie des stratégies implicites c'est à dire d'origine externe à l'individu et sur lesquelles nous pouvons agir par le biais de stimulation extérieures. Elles apparaissent donc pertinentes pour la prise en charge des troubles anxieux en apportant une régulation émotionnelle implicite. Selon une étude de Mc Kay (McKay et al., 2007), les aspects sensoriels seraient les plus efficaces dans le cadre des techniques physio-relaxantes. Ce constat est confirmé par différentes études montrant les effets des odeurs (Cho et al., 2013; Hirokawa et al., 2012; Johannessen, 2013; Lytle et al., 2014) et de la musique (Guétin et al., 2012; Guétin et al., 2009) sur l'anxiété et plus particulièrement sur la composante émotionnelle physiologique. Aussi, et comme nous l'avons vu au sein de notre partie théorique, la réalité virtuelle a également fait ses preuves dans le cadre des troubles émotionnels (Bruce et Regenbrecht, 2009; Taffou et al., 2012; Pair et al., 2006; Yeh et al., 2009) en agissant cette fois plus spécifiquement sur la composante cognitive des émotions.

L'apport d'odorants dans une immersion virtuelle a déjà montré son intérêt, notamment en rapport avec le sentiment de présence généré (Ischer et al., 2014). Néanmoins les études de ce type portant sur les patients présentant une maladie d'Alzheimer ou des troubles cognitifs légers demeurent rares. Dans un premier temps nous avons donc effectué une revue de la littérature afin de mettre en évidence qu'aux stades léger à modéré de la maladie seule l'identification était lésée mais que la sensibilité aux odorants demeurait intacte (Gros et al., 2017).

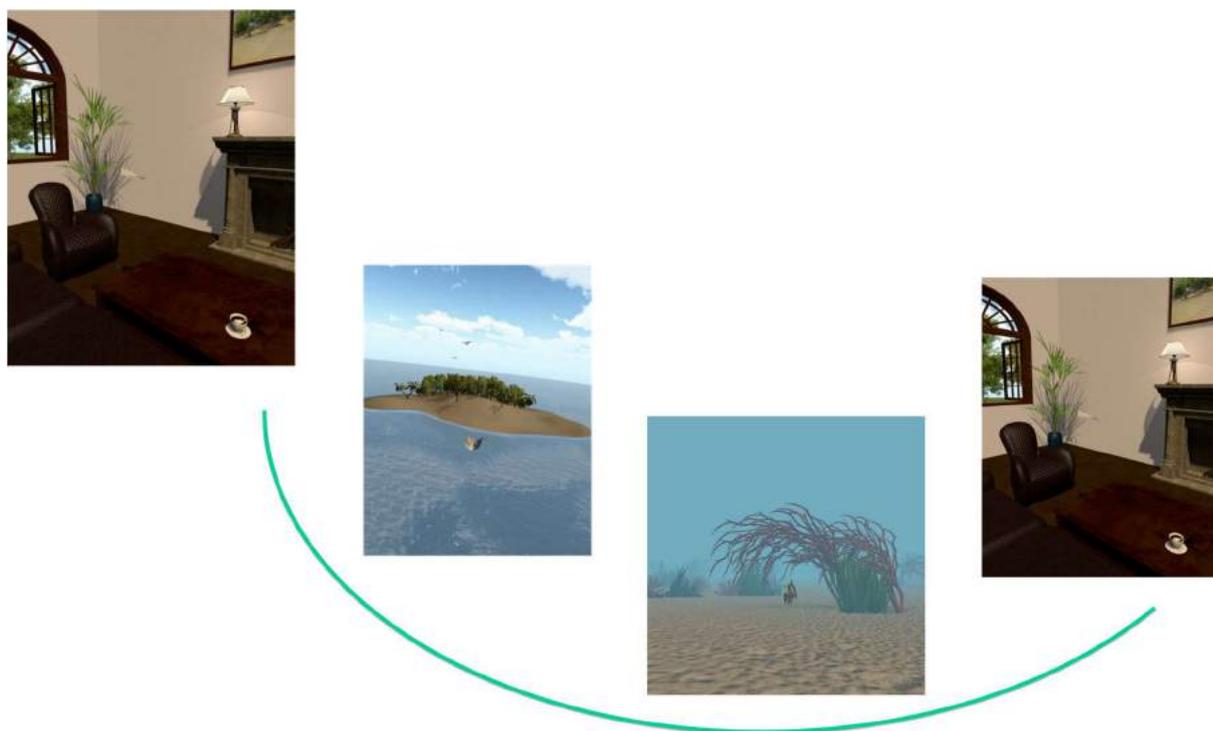
En regard de l'ensemble de ces constats nous avons donc développé un univers en réalité virtuelle mêlant des stimulations olfactives et auditives.

Le système immersif que nous avons utilisé est un mur d'images (Barco) stéréoscopique constitué de deux écrans LED Full HD de 70" présentant une résolution de 1920x1080 pixels, et accompagné de lunettes actives synchronisées pour la vision en 3D. Le système bénéficie aussi d'un son stéréoscopique grâce à deux enceintes disposées de part et d'autre de l'écran.

Ce système multimodal permet d'immerger les participants dans les environnements virtuels

présentés. Les dimensions de l'écran permettent notamment un affichage à taille réelle des éléments virtuels, et donc plus de réalisme. Les odeurs sont quant à elles diffusées via un collier connecté constitué de quatre odeurs différentes activées à des moments déterminés et associées avec les scènes diffusées sur l'écran 3D pour augmenter le sentiment de présence. Le fait que le diffuseur soit portatif a deux avantages. Dans un premier temps, il permet une diffusion moindre puisqu'à proximité, et donc moins de temps de latence pour diffuser une autre odeur. Dans un deuxième temps, le fait que le diffuseur soit connecté permet dans cette recherche d'établir un paradigme d'évaluation automatisé et parfaitement synchronisé. La musique utilisée a été choisie parmi des séquences validées dans de précédentes études de musicothérapie (Guétin et al., 2012; Guétin et al., 2009). L'ensemble des stimulations visuelles, olfactives et auditives suivent une séquence en U permettant une réduction de l'anxiété tout en conservant un niveau d'éveil nécessaire aux participants pour la passation des tests cognitifs qui suivent au sein de la consultation (figure 15).

Figure 15 : description de la technique physio-relaxante par immersion virtuelle et sensorielle.



Afin d'évaluer l'intérêt de la mise en place d'une prise en charge de ce type nous avons mis en place trois expérimentations différentes. La première avait pour objectif de vérifier si cette technique permettait une réduction de l'anxiété des patients primo-consultants au sein du Centre Mémoire Ressources et Recherche de Nice. La deuxième consistait à vérifier si cette

dernière avait un impact sur les fonctions cognitives des patients et la dernière avait pour but de la comparer à une technique unimodale validée.

3.1. Effet d'une immersion sensori-virtuelle sur l'anxiété des patients primo-consultants dans un CMRR.

Dans le cadre de cette première expérimentation, nous avons inclus un total de 52 patients (31f ; 21h) âgés de 50 à 89 ans (âge moyen: 69 ans, écart-type : 9.91) . Ce nombre est en accord avec le nombre de patients nécessaires recensés dans la littérature pour mettre en évidence l'intérêt de la réalité virtuelle sur l'anxiété (Shah et al., 2015; Wiederhold et al., 2014; Gaggioli et al., 2014; Pallavicini et al., 2013).

L'étude a été proposée aux patients venant pour une première consultation au Centre Mémoire Ressources et Recherche de Nice âgés de plus de 50 ans et avec un MMSE entre 26 et 30. Les patients ont été répartis en deux groupes a posteriori selon s'ils présentaient un trouble cognitif léger ou non selon les critères de Petersen (Petersen, 2004). De cette façon nous souhaitons voir s'il existait des différences dans les stratégies de régulation cognitive entre les patients avec et sans troubles cognitifs et si une baisse de l'anxiété était possible dans ces deux groupes.

Afin de mesurer le niveau d'anxiété nous avons utilisé la PANAS, auto-questionnaire sur le ressenti émotionnel présentée dans la partie théorique, ainsi que l'activité électrodermale. Pour la mesure de l'activité électrodermale nous avons utilisé un dispositif mobile Datalogger T-Log communiquant sans fils avec des capteurs T-Sens. Celui-ci permet au patient d'être libre de ses mouvements et de pouvoir évoluer au sein de l'environnement d'une manière naturelle et réaliste. Pour l'acquisition des données nous avons utilisé le logiciel CAPTIV-L7000 qui permet la mesure de l'activité électrodermale tonique en micro-siemens (μS) et qui témoigne de la résistance cutanée elle-même représentative de l'état de relaxation du patient.

La PANAS a été réalisée avant et après l'immersion afin de pouvoir observer le changement de ressenti émotionnel des patients. La réponse électrodermale a été mesurée durant l'immersion afin de constater le changement physiologique de manière progressive.

Afin de vérifier si les techniques de régulation des émotions au quotidien étaient différentes entre les patients présentant un trouble cognitif léger ou non et de voir si ces techniques étaient corrélées à la baisse d'anxiété effective durant l'immersion nous avons utilisé l'ERQ (Emotion Regulation Questionnaire) (Gross et John, 2003). Ce dernier a pour objectif de mettre en évidence la technique de régulation majoritairement utilisée par le patient: celle de suppression ou celle de réévaluation cognitive. Enfin, et pour un nombre réduit de patients, nous avons associé une mesure de l'activité cérébrale via le dispositif EEG Emotiv EPOC

pendant l’immersion. Cela avait pour objectif de fournir des premières pistes quant à l’efficacité de la régulation émotionnelle implicite par l’implication des zones préfrontales.

Le test utilisé pour comparer les réponses des scores en fonction des groupes est le test de Wilcoxon. Pour la RED et l’ERQ une régression logistique a été utilisé pour comparer les résultats entre les deux groupes et en ajustant sur les variables telles que l’âge, le sexe et le niveau d’étude. L’intervalle de confiance à 95% (IC) est indiqué. On considère qu’une p-valeur inférieure ou égale à 0.05 est significative. Le logiciel libre R version 3.2.3 a été utilisé pour les analyses.

Nous avons ainsi pu constater une différence significative entre la réponse électrodermale de l’ensemble des patients avant (2.10 ± 2.16) et après l’immersion sensori-virtuelle (1.57 ± 1.55) ($p < 0.001$). Nous n’avons pas relevé de différences significatives dans le niveau d’anxiété entre les hommes et les femmes que ce soit au début de l’immersion ($p = 0,461$) ou à la fin de l’immersion ($p = 0,381$). De même, aucune différence significative n’a été relevé entre les patients avec des troubles cognitifs légers et les patients sans troubles cognitifs dans leur niveau d’anxiété que ce soit au début de l’immersion ($p = 0,833$) ou à la fin ($p = 0,551$) (tableau 8).

Tableau 8 : Comparaison de la RED entre les patients MCI et les patients sans troubles cognitifs.

RED	<i>Groupe témoin (N=28)</i>			<i>Groupe MCI (N=24)</i>			P valeur*
	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Médiane	
<i>Début</i>	1.83	1.19	1.43 [0.90- 2.60]	2.42	2.92	1.54 [0.97- 2.13]	Début- milieu : 0.833
<i>Milieu</i>	1.29	0.98	0.94 [0.58- 1.78]	1.59	1.84	1.04 [0.57- 1.65]	Milieu- fin : 0.840
<i>Fin</i>	1.33	1.09	0.88 [0.67- 1.65]	1.84	1.94	1.20 [0.68- 2.01]	Début- fin : 0.551

Comme on peut le constater dans le tableau 7 nous ne relevons pas de différences significatives dans le degré d’anxiété des patients MCI et des témoins que ce soit au début, au milieu (phase basse) ou à la fin de l’expérience. Néanmoins nous pouvons remarquer que les patients MCI ont en moyenne un niveau de RED plus élevée à tous les niveaux d’immersion.

Après régression logistique (en prenant en compte l’âge, le sexe, et le niveau culturel) il n’y avait toujours pas de différence retrouvée entre les deux groupes. En revanche nous pouvons noter tout de même une tendance à voir une RED à la fin plus élevée dans le groupe MCI que dans le groupe témoin (p -valeur=0.165, Odd Ratio Adj =1.42) (tableau 9).

Tableau 9 : Différence entre les niveaux de RED des patients MCI et témoins aux temps de l'immersion après régression logistique.

	OR Adj	[IC 95%]	p-valeur**
RED	1,15	[0,93 ; 1,81]	0,461
	1,15	[0,71 ; 2,06]	0,586
	1,42	[0,89 ; 2,46]	0,165

OR Adj : Odd Ratio ajouté (sur variables et non univarié).

Enfin, au niveau de la baisse de la RED entre chacun des temps définis (début, phase basse et fin), aucune différence significative n'a été relevée non plus entre les patients témoins et les patients MCI (tableau 10).

Tableau 10 : Différence dans la réduction de la réponse émotionnelle physiologique (RED) au cours de l'immersion sensori-virtuelle des patients MCI comparativement aux témoins.

	TEMOIN (N=28)		MCI (N=24)		Méd	[Q1 ; Q3]	p-valeur*
	Moy	[E-t]	Méd	[Q1 ; Q3]			
RED							
DEB	0,53	[0,43]	0,45	[0,26 ; 0,71]	0,82	[1,15]	0,776
UT - MILIEU					0,54	[0,13 ; 0,88]	
DEB	0,50	[0,70]	0,38	[0,14 ; 0,66]	0,57	[1,35]	0,607
UT - FIN					0,31	[0,01 ; 0,66]	
BASS	-	[0,45]	0,00	[-0,12 ; 0,10]	-	[0,68]	0,247
E - MILIEU	0,03				0,25	[-0,23 ; -0,25]	

Moy : moyenne ; e-t : écart-type ; méd : médiane. Le score de RED est mesuré par la différence des mesures effectuées dans les deux temps donnés.

Au niveau de la PANAS, et donc du ressenti émotionnel exprimé par les patients, avant et après l'immersion sensori-virtuelle les résultats ont mis en évidence une diminution significative de l'ensemble des affects négatifs après l'immersion sensorielle ($p < 0.001$). Aussi il est à souligner que les adjectifs ayant connu la réduction la plus significative était « anxieux » ($p = 0.001$) et « nerveux » ($p < 0.001$).

La stratégie de régulation émotionnelle (résultats à l'ERQ) la plus utilisée était la réévaluation cognitive avec un score moyen de 30,88 ($\pm 13,63$) par rapport à la suppression expressive qui avait un score moyen de 28,44 ($\pm 10,01$). Néanmoins ces différences entre les stratégies utilisées n'ont pas montré de significativité statistique et cela même après régression logistique ($p = 0,417$ pour la réévaluation cognitive et $p = 0,393$ pour la suppression expressive). Il n'a pas été mis en évidence de différence significative non plus entre les stratégies utilisées (réévaluation cognitive : $p = 0,905$; suppression expressive : $p = 0,550$) entre les patients MCI

et les sujets témoins. Toutefois, les patients MCI semblent davantage utiliser la suppression expressive pour réguler leurs émotions ($29,33 \pm 10,65$) que les témoins ($27,64 \pm 9,55$).

Nous retrouvons une tendance significative seulement de l'effet du sexe sur les stratégies de régulation émotionnelle utilisées. En effet les femmes semblent davantage utiliser une stratégie de réévaluation cognitive que les hommes ($p=0,065$).

Enfin les résultats préliminaires des données électrocérébrales au niveau préfrontal et frontal sont résumés dans le tableau 11. Les données à T1 représentent un moyennage des quatre premières minutes d'immersion et les données à T2 les quatre dernières minutes d'immersion.

Tableau 11 : Activité cérébrale de patients avec ou sans trouble cognitif au début et à la fin de l'immersion sensori-virtuelle.

	T	AF						F					
		theta	alpha	beta	gamma	b/t	total	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total
	t1	7,54%	11,55%	45,31%	24,53%	6,01	88,93%	8,44%	10,92%	55,48%	13,03%	6,57	87,87%
	t2	5,55%	8,85%	59,40%	20,32%	10,70	94,12%	4,02%	7,57%	71,37%	9,85%	17,75	92,81%
	MCI	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total
	t1	7,40%	10,18%	46,98%	22,44%	6,35	87,00%	6,63%	8,90%	63,26%	7,12%	9,54	85,91%
	t2	6,25%	9,09%	54,21%	21,10%	8,67	90,65%	6,32%	7,18%	52,66%	6,98%	8,33	73,14%
	MCI	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total
	t1	8,12%	11,10%	41,48%	21,03%	5,11	81,73%	10,15%	12,64%	43,78%	13,17%	4,31	79,74%
	t2	5,61%	8,12%	56,84%	16,56%	10,13	87,13%	5,17%	6,16%	61,11%	14,36%	11,82	86,80%
	T	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total	theta	alpha	beta	gamma	b/t	total
	t1	8,44%	11,08%	48,88%	15,87%	5,79	84,27%	15,26%	20,94%	23,04%	12,32%	1,51	71,56%
	t2	5,44%	7,50%	63,60%	17,53%	11,69	94,07%	4,68%	7,72%	69,46%	11,16%	14,84	93,02%

Comme on peut le constater, on retrouve seulement une augmentation de l'activité beta que ce soit au niveau préfrontal (AF) ou au niveau frontal (F) chez l'ensemble des patients (N=4). L'augmentation du ratio beta/ theta va dans le sens d'une augmentation de l'activité frontale et préfrontale au cours de l'immersion et est en accord avec l'hypothèse d'une mise en place d'une régulation émotionnelle inconsciente de la part des patients.

En conclusion cette étude a démontré que l'immersion sensorielle que nous avons développée a permis une baisse significative de la RED (p -valeur début/milieu= <0.001 ; p -valeur début/fin= <0.001) et donc une amélioration de la composante physiologique des émotions chez des patients avec et sans troubles cognitifs légers.

L'immersion sensori-virtuelle a également permis une amélioration de la composante cognitive des émotions, évaluée par l'auto-questionnaire PANAS, par une réduction significative des affects négatifs (p -valeur <0.001). La stratégie de régulation émotionnelle la plus utilisée était la réévaluation cognitive et semble rejoindre les résultats de certaines études (Phillips et al., 2008; Devereux et al., 2016) bien que les différences ne soient pas significatives au niveau statistique. Nous n'avons en revanche pas relevé de différences

significatives entre les patients MCI et les sujets témoins que ce soit au niveau de la réponse électrodermale, de l'amélioration du ressenti émotionnel ou encore des stratégies de régulation émotionnelles utilisées.

3.2. Effet d'une immersion sensori-virtuelle sur les capacités langagières des patients avec des troubles cognitifs.

Conture et son équipe (2013) ont montré que vivre des émotions positives favorise la production et la compréhension du langage. A l'inverse, la majorité des individus éprouvent des difficultés à trouver leurs mots et ont tendance à marquer plus de pauses dans leur discours dans des situations stressantes (Buchanan et al., 2014) (Blumenthal et al., 2006). Les erreurs relevées sont notamment des omissions et des adjonctions de mots ou de phrases ainsi qu'un choix inadéquat de mot.

Cette expérimentation avait pour objectif de vérifier si l'immersion sensori-virtuelle que nous avons développée permettait également de baisser le niveau d'anxiété des patients Alzheimer au stade léger à modéré et si cette baisse génèrerait une amélioration des fonctions langagières.

Nous avons ainsi inclus vingt patients entre 65 et 86 ans (âge moyen de 75,5 ans ; 9H et 11F) avec un MMSE moyen de 20,4.

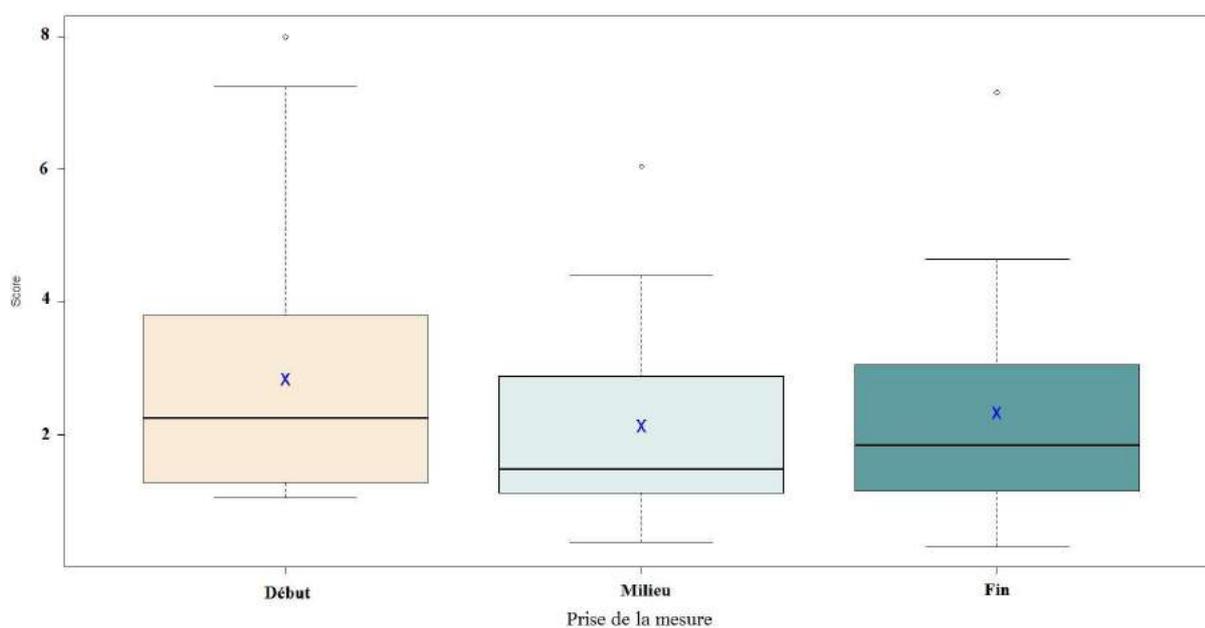
Tout comme dans la première expérimentation effectuée nous avons recueilli les scores à la PANAS des patients avant et après l'immersion et avons mesuré la RED durant la totalité de l'immersion. Nous avons également analysé les stratégies de régulation émotionnelle utilisées au quotidien par les patients via l'ERQ. Afin d'évaluer les compétences langagières nous avons ajouté une tâche de description d'images tiré du matériel orthophonique «L'image cachée» créé par Patrice Causse. Nous avons effectué des prétests chez treize patients en amont afin de nous assurer que les deux images présentées étaient équivalentes en quantité et de qualité dans la description dans l'ordre de présentation défini. Chaque patient disposait d'une minute pour s'exprimer mais ils avaient la possibilité d'arrêter leur récit avant la fin du temps imparti, s'ils estimaient qu'il était complet. Nous avons enregistré le récit à l'aide d'une caméra, sans les filmer, pour ensuite les analyser.

Le test utilisé pour comparer les réponses des scores en fonction des temps de passation (avant et après immersion) est le test de Wilcoxon apparié. On considère qu'une p-valeur inférieure ou égale à 0.05 est significative. Le logiciel libre R version 3.2.3 a été utilisé pour les analyses.

Les résultats ont mis en évidence une baisse statistiquement significative des affects négatifs à la PANAS ($p=0,002$) après l'immersion sensori-virtuelle. Les adjectifs ayant connu la baisse la plus importante ont été les adjectifs « nerveux » et « craintif » puis les adjectifs « angoissé » et « contrarié ». Les scores des adjectifs représentant les affects positifs n'ont, quant à eux, pas connu une variation significative statistiquement ($p=0,353$).

La composante émotionnelle physiologique a montré également une amélioration significative après l'immersion avec une réduction de la conductance cutanée. En effet, nous avons constaté une différence significative du niveau de la réponse électrodermale entre le début et le milieu ($p<0,001$) mais également entre le début et la fin de l'immersion sensorielle. Aussi la phase basse (censée apporter un maximum de relaxation avant de remettre le patient en situation de vigilance tout en le maintenant dans un meilleur ressenti émotionnel) est bien celle pour laquelle la mesure de la RED est au plus bas. L'amélioration du ressenti émotionnel était également significatif entre le début et la fin de l'expérience ($p<0,001$). Les variations de l'activité électrodermale sont représentées dans le tableau 12 et sur les boxplot de la figure 16.

Figure 16 : Représentation de la variation de l'activité électrodermale aux trois temps de l'immersion sensori-virtuelle.



Le score de la RED est indiqué en ordonnée en micro-siemens, l'abscisse représente les trois temps principaux de mesure de la RED. On peut observer que, comme dans la première expérimentation, l'évolution de la RED a suivi la construction visuelle, auditive et sonore que nous avons développé dans l'immersion sensori-virtuelle proposée.

Tableau 12 : Mesures de la réponse électrodermale aux trois temps de l'immersion sensori-virtuelle.

	Moyenne	[Ecart-type]	Médiane	[Q1 ; Q3]	p-valeur*
Red					
Début	2,84	[2,00]	2,25	[1,28 ; 3,62]	d-m :<,001
Milieu	2,14	[1,47]	1,47	[1,11 ; 2,80]	m-f :0,067
Fin	2,34	[1,69]	1,84	[1,15 ; 3,02]	d-f :0,013

d-m : début-milieu ; *m-f* : milieu-fin ; *d-f* : début-fin.

L'analyse des stratégies de régulation émotionnelle a également montré, comme dans la première expérimentation, l'utilisation majoritaire de stratégies de réévaluation cognitive ($26,60 \pm 9,36$) par rapport aux stratégies de suppression expressive ($17,95 \pm 7,58$) chez l'ensemble des patients. Seuls cinq patients utilisaient majoritairement une stratégie de suppression expressive.

Au niveau cette fois des capacités langagières avant et après immersion, les pauses remplies sont celles qui ont réduit de la manière la plus significative ($p= 0,008$). Nous relevons aussi une tendance à l'augmentation du temps de parole avant et après l'immersion ($p=0,064$). Enfin, et même si nous n'avons pas relevé de différences significatives statistiquement dans les silences ($p=0,086$) et les répétitions d'hésitation ($p=0,100$) avant et après l'immersion, l'immersion sensori-virtuelle a permis une amélioration à la fois de la fluence et de la fluidité du langage. L'ensemble des résultats sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Evolution de la fluence et de la fluidité du langage avant et après immersion sensori-virtuelle.

	MOYENNE	[ECART-TYPE]	MEDIANE	[Q1 ; Q3]	P-VALEUR*
SILENCES					
AVANT IMMERSION	0,45	[0,83]	0,00	[0,00 ; 0,25]	0,086
APRES IMMERSION	0,10	[0,31]	0,00	[0,00 ; 0,00]	
PAUSE REMPLIE					
AVANT IMMERSION	1,65	[1,81]	1,00	[0,00 ; 3,00]	0,008
APRES IMMERSION	0,80	[1,01]	0,50	[0,00 ; 1,00]	
REPETITIONS D'HESITATION					
AVANT IMMERSION	1,20	[1,15]	1,00	[0,00 ; 2,00]	0,100
APRES IMMERSION	0,75	[0,97]	0,00	[0,00 ; 1,25]	
TAUX DE PAROLE					
AVANT IMMERSION	1,83	[0,67]	1,75	[1,19 ; 2,30]	0,064
APRES IMMERSION	2,08	[0,55]	2,00	[1,68 ; 2,51]	

Les pauses remplies correspondent aux onomatopées d'hésitations et le score dans le tableau retranscrit le nombre de pauses remplies relevées. Les répétitions d'hésitations sont les mots répétés

plusieurs fois, sans qu'il n'y ait un objectif linguistique. Les silences sont les pauses dans le discours durant plus de deux secondes. Enfin, le taux de parole revient au nombre de mots émis par seconde.

En conclusion, cette expérimentation a permis de renforcer les constats de la première expérimentation effectuée en montrant que l'immersion sensori-virtuelle permettait une baisse de l'anxiété et donc une amélioration de la composante physiologique des émotions également chez des patients Alzheimer au stade léger à modéré. Elle a également mis en évidence que les patients atteints de maladie d'Alzheimer utilisaient majoritairement, tout comme les patients témoins et les patients MCI, des stratégies de réévaluation cognitive pour réguler leurs émotions. Ce résultat est en accord avec ceux de Zang et son équipe (Zhang et al., 2015) qui ont montré que les patients atteints de la maladie d'Alzheimer avaient des capacités de régulation émotionnelle robustes et automatisées. Enfin, cette expérimentation a permis de montrer un effet de cette immersion sur les capacités langagières par une réduction significative, après immersion, des pauses remplies et une tendance à l'augmentation du temps de parole. L'amélioration de la composante physiologique étant corrélée à l'amélioration de la composante cognitive, ce constat rejoint les études ayant démontré que les capacités de régulation des émotions sont en lien avec les performances en fluidité verbale (Gyurak et al., 2009).

3.3. Comparaison des effets d'une immersion sensori-virtuelle et des effets d'une stimulation unimodale validée.

En raison des limites et effets secondaires des traitements médicamenteux, les traitements non médicamenteux sont de plus en plus encouragés (Tifratene et al., 2017). Et lors d'apparition de troubles anxieux chez un patient MCI ces interventions doivent être mises en place en premier recours de manière à éviter le recours à des antidépresseurs ou des anxiolytiques (Ballard et al., 2009). Parmi les traitements non-médicamenteux, la musicothérapie est de plus en plus utilisée. Il a notamment été démontré un effet de cette dernière sur les troubles émotionnels tels que la dépression, l'apathie et l'anxiété (Guétin et al., 2009 ; Ueda et al., 2013). De même, la musicothérapie aurait des effets sur la sphère cognitive. Elle a notamment permis une amélioration des fluences verbales (Thompson et al., 2005) et des capacités mnésiques autobiographiques et épisodiques chez des patients malades d'Alzheimer (Fang et al., 2017).

Cette troisième expérimentation avait ainsi pour objectif de comparer les effets de l'immersion sensorielle que nous avons développé et d'une séquence de musicothérapie utilisée dans de précédentes études (Guétin et al., 2009) à la fois sur le niveau d'anxiété et sur les capacités en fluence verbale et en mémoire épisodique.

Tout comme dans les deux premières expérimentations, nous avons effectué des mesures RED pendant l'immersion et une évaluation via la PANAS avant et après l'immersion.

En ce qui concerne l'évaluation de la fluence verbale, nous avons utilisé le test des fluences de Cardebat (Cardebat, 1990), pour la mémoire épisodique nous avons utilisé le test de mémoire logique I de la MEM IV (Wechsler, 2012). Nous avons répété ces évaluations avant et après l'immersion sensori-virtuelle.

Nous avons inclus 21 patients malades d'Alzheimer au stade léger entre 55 et 91 ans avec un âge moyen de 75 ans et un score moyen au MMSE de 25 ($\pm 2,4$). Les patients ont été répartis en deux groupes appariés, l'un avec la condition musicothérapie (N=10) et l'autre avec la condition d'immersion sensori-virtuelle (N=11). Nous avons utilisé le test statistique non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney pour comparer l'effet de la musicothérapie et de l'immersion sensori-virtuelle. On considère qu'une p-valeur inférieure ou égale à 0.05 est significative. Le logiciel libre R version 3.2.3 a été utilisé pour les analyses.

Dans la condition d'immersion sensori-virtuelle, les résultats ont mis en évidence une baisse significative de la RED entre le début et la fin de la condition ($p= 0,039$) majorée dans la phase basse ($p = 0,005$). Ces résultats sont en accord avec les résultats des deux précédentes expérimentations.

Au niveau de la composante cognitive émotionnelle, via les résultats à la PANAS, nous avons également retrouvé un effet significatif de l'immersion sensori-virtuelle avec une baisse des affects négatifs au seuil de la significativité ($p= 0,058$). Tout comme dans l'expérimentation précédente, nous n'avons pas observé d'amélioration significative des affects positifs ($p= 0,486$).

Concernant les capacités cognitives nous n'avons pas retrouvé d'effet significatif sur les performances d'évocations lexicales (fluences littérales) ($p= 0,322$). En revanche, les fluences sémantiques ont connu une amélioration significative après l'immersion sensori-virtuelle ($p= 0,042$). Enfin nous n'avons pas retrouvé d'effet significatif de l'immersion sur les performances mnésiques auditivo-verbales ($p= 0,182$).

Dans la condition de musicothérapie, nous n'avons pas observé de différence significative au niveau de la composante physiologique (RED) que ce soit entre le début et la phase basse ($p = 0,106$) ou entre le début et la fin de la condition ($p = 0,375$). En revanche nous avons relevé un effet sur la composante émotionnelle cognitive avec une différence significative au score de la PANAS entre les affects négatifs avant et après la musicothérapie ($p = 0,036$). De même, l'analyse statistique n'a pas montré d'effet significatif avant et après la condition de

musicothérapie que ce soit en fluences verbales littérales ($p = 0,719$), catégorielles ($p = 1$) ou en mémoire auditivo-verbale ($p = 0,752$). Les résultats sont résumés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Comparaison des effets d'une immersion sensori-virtuelle et de la musicothérapie.

	Immersion sensori-virtuelle (n=11)				Musicothérapie (n=10)				p-valeur
	Moy	e-t	Méd	[Q1 ;Q3]	Moy	E-t	Méd	[Q1 ;Q3]	
RED début	1,63	0,89	1,65	[1,02 ;2,33]	1,47	0,78	1,40	[0,84 ;2,09]	0,778
RED milieu	0,94	0,74	0,79	[0,46 ;1,25]	1,24	1,02	0,98	[0,63 ;1,30]	0,387
RED fin	1,06	0,79	0,82	[0,47 ;1,44]	1,40	1,16	1,03	[0,85 ;1,50]	0,549
PANAS AN	-4,27	6,57	-4	[-9,00 ;-0,50]	3,10	4,15	-1,50	[-4,75 ;0,00]	1,000
MEM IV	1,91	4,41	2,00	[1,00 ;5,00]	0,80	7,77	1,50	[-2,00 ;5,25]	0,944
Fluences lexicales	1,46	4,63	1,00	[-1,50 ;5,50]	-0,90	7,65	0,00	[-6,75 ;4,25]	0,396
Fluences catégorielles	6,73	9,56	9,00	[4,00 ;15,00]	0,90	11,48	-2,00	[-4,75 ;7,25]	0,231

Comme on peut le constater dans le tableau 10 on ne retrouve aucune différence statistiquement significative entre les deux conditions (immersion sensori-virtuelle et musicothérapie) que ce soit au niveau de la composante physiologique ($p=0,387$), de la composante cognitive des émotions ($p=1,000$) ou encore dans l'amélioration de la mémoire auditivo-verbale ($p=0,944$), des fluences lexicales ($p=0,396$) et des fluences catégorielles ($p=0,231$).

En conclusion, cette étude était composée de trois expérimentations ayant principalement pour objectif de tester l'efficacité d'une immersion sensori-virtuelle sur l'amélioration du ressenti émotionnel et de la régulation des émotions chez des patients témoins, présentant des troubles cognitifs légers ou une maladie d'Alzheimer au stade modéré à sévère. L'ensemble des résultats ont ainsi montré une baisse significative de la composante physiologique des émotions via la mesure électrodermale et une amélioration du ressenti émotionnel exprimé après l'immersion. Nos résultats sont en accord avec l'ensemble des études ayant démontré une efficacité de la réalité virtuelle pour la prise en charge des troubles émotionnels (Bruce et Regenbrecht, 2009; Taffou et al., 2012; Pair et al., 2006; Yeh et al., 2009).

Les capacités de régulation des émotions et le stress étant corrélés aux capacités cognitives de type mnésiques (Devonka et Dolcos, 2015) et langagières (Gyurak et al., 2009) nous avons également souhaité savoir si cette immersion pouvait générer une amélioration de ces dernières. Nos résultats ont ainsi mis en évidence que cette immersion sensori-virtuelle permettait une amélioration de la fluence et de la fluidité du langage chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer au stade léger à modéré. En revanche aucun effet sur les performances mnésiques auditivo-verbales n'a été retrouvé ($p= 0,182$).

Enfin, nous souhaitons comparer l'effet de cette immersion sensori-virtuelle avec une technique de musicothérapie réceptive validée qui avait déjà démontré ces effets sur les troubles émotionnels (Guétin et al., 2009). Et, bien que nos résultats n'aient pas mis en évidence de différences significatives entre l'effet de ces deux types d'interventions, il a été intéressant de constater que l'immersion sensori-virtuelle a permis à la fois une réduction de la réponse électrodermale et une amélioration du ressenti émotionnel positif et des fluences sémantiques alors que la musicothérapie a permis uniquement une amélioration du ressenti émotionnel exprimé par les patients. Notre constat quant à l'absence d'effet de la musicothérapie sur les capacités langagières est en désaccord avec une revue récente de la littérature (Magee et al., 2017) qui montrait une efficacité de cette technique sur les capacités de communication, répétition et dénomination. Néanmoins les fluences sémantiques n'avaient pas été testées et le nombre de patients inclus dans les expérimentations était plus important. Enfin les auteurs ont tout de même souligné que le niveau de preuves des différentes études quant à ces effets était faible étant donné les nombreux biais méthodologiques constatés.

Les premiers résultats recueillis au niveau du traitement EEG supportent l'hypothèse d'une activation inconsciente des régions cérébrales impliquées dans la régulation des émotions et sont associés avec la mise en évidence d'une amélioration significative du ressenti émotionnel physiologique. Une telle prise en charge semble donc intéressante à la fois dans des pathologies présentant un excès de réactivité émotionnelle et dans des pathologies présentant un défaut de régulation des émotions. Cette immersion pourrait ainsi constituer un outil de prise en charge des troubles anxieux mais également de la dépression, que ce soit chez l'adulte ou l'enfant, pour laquelle il a été mis en évidence une baisse d'activité du cortex préfrontal (Davidson et Slagter, 2000). Aussi, si il a été mis en évidence que des troubles émotionnels chez l'enfant, tels que l'anxiété ou la dépression, peuvent entraîner un dysfonctionnement dans l'activité du cortex préfrontal, il apparaît également qu'une dysconnexion entre le cortex préfrontal et l'amygdale peut être provoquée à la suite d'un traumatisme émotionnel vécu dans l'enfance (Thomason et al., 2015). Cette dysconnexion est représentative d'une rupture de l'équilibre fronto-limbique et donc de l'équilibre entre la composante physiologique et cognitive des émotions.

A la suite de ces travaux, une de nos perspectives de recherche est d'évaluer si l'immersion que nous avons développée pourrait permettre, de par l'hyperactivation frontale parallèle à l'hyporéactivité limbique générée, la prise en charge d'une dysconnexion fronto-limbique. Pour cette raison nous avons inclus cette dernière dans un protocole en cours portant sur la prise en charge des états de stress post-traumatiques après les attentats du 14 juillet à Nice chez les enfants âgés de 6 à 12 ans.

Tableau récapitulant les avantages de la prise en charge développée en comparaison avec d'autres prises en charge utilisées en recherche et en clinique.

Tableau 15 : Tableau récapitulant les modalités d'action, de passation et les effets sur le langage des différentes prises en charges du ressenti et de la régulation des émotions.

		Action sur les paramètres physiologiques.	Action sur la composante attentionnelle.	Action sur les capacités langagières.	Utilisable avec troubles de compréhension verbale.
Prises en charge utilisées en clinique.	TCC	√	√	√ (bégalement)	
	ABM		√		
Prises en charge non pharmacologiques utilisées en recherche.	RV	√	√	?	
	Aromathérapie.	√			√
	Musicothérapie.	?E	?	?E	√
	Serious games.	?	√		
	RA	√	√		
Prise en charge proposée.	Immersion sensori-virtuelle.	√E	√E	√E	√E

TCC : Thérapies Cognitivo-Comportementales ; ABM : attention bias modification ; RV : Réalité Virtuelle. RA : Réalité Augmentée. ? : résultats contreversés, absence de niveau de preuve suffisant. E : selon les résultats de notre étude.

Ce tableau a été effectué par le biais d'une revue de la littérature sur les différentes prises en charge référencées (Lee et al., 2012, Yao et al., 2015, Magee et al., 2017, Blood, 1995, Mitrousia et al., 2016, Baylan et al., 2016, Lau et al., 2016) ainsi que par le biais des résultats obtenus dans notre étude.

Il met en évidence l'apport de l'immersion sensori-virtuelle qui permet, par le biais de l'utilisation de la réalité virtuelle et de l'aspect sensoriel, une action inconsciente sur la régulation des émotions et la baisse du ressenti physiologique émotionnel. En effet, contrairement aux techniques de psychothérapie telles que l'ABM et les TCCs, mais aussi des applications en serious games ou en réalité augmentée, l'efficacité de la technique d'immersion ne dépend pas des compétences cognitives du sujet.

La musicothérapie est la seule technique qui semble pouvoir posséder les mêmes effets sans nécessité d'une bonne compréhension verbale (car de manière inconsciente). Néanmoins la littérature souligne un niveau de preuve insuffisant quant à l'effet sur la sphère cognitive. De même notre étude n'a pas retrouvé d'effet au niveau de la composante physiologique des émotions.

Nous avons vu que pour les techniques « inconscientes », les niveaux de preuves rapportés, que ce soit pour l'aromathérapie (Lee et al., 2012) ou la musicothérapie (Magee et al., 2017), sur la cognition et le langage ont été rapportés comme faibles voire insatisfaisants dans des revues de la littérature récentes. Aussi il est important de souligner que d'autres recherches devront être également menées sur la technique immersive que nous avons développée pour appuyer nos présents résultats.

Contributions personnelles :

Au sein de cette étude mes contributions personnelles ont été de :

- rédiger et soumettre le protocole de recherche.
- réaliser les différentes expérimentations dans la salle écologique au sein du Centre Mémoire Ressources et Recherche de Nice (Institut Claude Pompidou).
- effectuer le cahier des charges pour le prototype de diffusion olfactive (non disponible sur le marché) et le choix des odorants.
- effectuer le cahier des charges pour la construction de l'immersion virtuelle (par le choix des différents éléments visuels, du scénario et de l'apparition secondes par secondes de l'ensemble des éléments et leur synchronisation avec la séquence musicale) à travers plusieurs prétests.
- coordonner des étudiantes en neurosciences, neuropsychologie et orthophonie.

L'analyse des résultats a été effectuée en collaboration avec la statisticienne de l'équipe CoBTeK.

Les expérimentations et la discussion des résultats ont été réalisées de concert avec les étudiantes que j'ai encadré sur les différents sujets abordés (Emelyne Wyckaert, étudiante en neuropsychologie, Chaima Damoun, psychiatre et étudiante en neurosciences, Giulia Bonfanti, étudiante en orthophonie). Elles ont donné lieu à différents mémoire de recherche (Giulia Bonfanti. Effets verbalisés d'une immersion sensorielle sur l'état émotionnel de patients dans l'attente d'une consultation mémoire. Médecine humaine et pathologie. 2016 ; Emeline Wyckaert. Comparaison de l'efficacité de la Réalité virtuelle et de la Musicothérapie sur l'anxiété et les capacités d'évocations verbales et mnésiques immédiates chez le patient MCI. 2016; Chaima Damoun. Relaxation par utilisation de la réalité virtuelle et régulation émotionnelle chez des patients avec ou sans Mild Cognitive Impairment. 2017)

Les séquences musicales ont été réalisées par Music Care et Julie de Stoutz. La réalisation du prototype de diffusion olfactive a été réalisée en collaboration avec Exhalia et Yvan Regeard.

L'immersion virtuelle a été réalisée en collaboration avec Emmanuelle Chapoulie, ingénieure au sein de l'équipe CoBTeK.

Articles, communications et récompenses en lien avec cette étude :

1. **Gros, A.,** Chapoulie, E., Ramadour, R., Robert, V., de Stoutz, J., Guetin S., Regeard, Y., Damoun, C., Wyckaert, E., Manera, V., Robert, P., David, R. (2017). Poster P2-014. Rel@x: Sensory and Virtual Immersion to Reduce the Anxiety of Patients Consulting for the First Time in Nice Memory Center. The Alzheimer's Association International Conference® 2017– London, England July 16-20 (annexe 4) .
2. **Gros, A.,** Robert, V., de Stoutz, J., David, R. (2017).« Start-Up Alley » Rel@x: Sensory and Virtual Immersion to Reduce the Anxiety of Patients Consulting for the First Time in Nice Memory Center. **Tech Day** Technology and Aging: Innovation for Independence and Inclusion. IAGG- San Francisco, California July 26, 2017
3. **Gros, A.,** Manera, V., De March, C.A., Guevara, N., König, A., Friedman, L., Robert, P., Golebiowski, J., and David, R. (2017). Olfactory disturbances in ageing with and without dementia: towards new diagnostic tools. *The Journal of Laryngology & Otology* 131, 572–579.
4. Lauréat Création d'Entreprise Fondation Unice et Prix de la Métropole Nice Côte d'Azur.

Etude 4 : évaluation et prise en charge des troubles émotionnels via la mise en place d'une plateforme basée sur les nouvelles technologies.

Dans l'ensemble des études précédemment décrites nous nous sommes intéressés aux composantes physiologique et cognitive des émotions en proposant un moyen d'évaluation (étude 2) et de prise en charge (étude 3) différencié. Dans le cadre de cette dernière étude nous avons donc souhaité nous intéresser à la composante émotionnelle expressive/comportementale en développant une plateforme basée sur les nouvelles technologies qui permettrait à la fois l'évaluation et la prise en charge de cette dernière. Afin de tester la faisabilité de la mise en place d'une plateforme de ce type, nous avons souhaité nous intéresser à deux populations différentes, d'une part les patients atteints de la maladie d'Alzheimer au stade modéré en EHPAD et d'autre part des patients présentant un syndrome de fragilité cognitive à domicile. L'analyse des troubles émotionnels au niveau de la composante comportementale nous a paru particulièrement intéressante dans le cadre de la maladie d'Alzheimer car cette dernière se caractérise par une atteinte précoce du système limbique et donc de l'amygdale qui est inter-connectée aux voies fronto-striatales, notamment orbito-frontale. Les troubles comportementaux recensés dans cette pathologie apparaissent ainsi en lien avec les dysfonctionnements fronto-limbiques observés au niveau cérébral. Parmi ces troubles comportementaux, les six qui se détachent par ordre de prévalence sont l'apathie, la dépression, l'anxiété, l'irritabilité, l'agitation et les troubles du sommeil (Benoit et al., 2003).

Notre objectif était ainsi de pouvoir détecter automatiquement certains de ces troubles comportementaux via la reconnaissance automatique d'activité et de mettre en place, toujours de manière automatisée, des solutions non-pharmacologiques pour les prendre en charge.

4.1. Développement d'une plateforme basée sur les nouvelles technologies et visant à la reconnaissance et à la prise en charge des troubles émotionnels dans la composante comportementale.

Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, la reconnaissance automatique d'activité via les capteurs RGB-D est particulièrement intéressante pour une analyse dynamique et continue des troubles émotionnels comportementaux. L'objectif de cette analyse vidéo est la reconnaissance des événements ou scénarios prédéfinis par des experts à l'aide d'un langage de modélisation de scénarios (Vu, Brémond et Thonnat, 2003). Elle permet de matérialiser chaque sujet sous la forme d'un cylindre dont les dimensions et la position dans l'espace seront variables et mesurables suivant les mouvements et déplacements de celui-ci.

La reconnaissance automatique des événements se déroule en plusieurs étapes:

- Acquisition des séquences vidéo.
- Modélisation des scénarios par les experts du domaine : cette étape consiste en la définition et la modélisation des scénarios et événements à reconnaître. Dans le cadre de ce projet, nous avons ajouté des activités d'intérêt propres aux troubles émotionnels dans la composante comportementale (troubles du sommeil, gestes répétitifs et parasites,...).
- Traitement vision : cette étape consiste à traiter les données vidéo selon une segmentation des images afin d'obtenir les régions en mouvement, la détection des objets mobiles et le suivi dans le temps des objets mobiles dans la scène.
- Reconnaissance des événements : après le traitement bas niveau des images et la détection des objets, l'étape finale consiste en la reconnaissance automatique des postures et des événements prédéfinis par les cliniciens.

L'objectif de notre étude était plus particulièrement de reconnaître automatiquement des troubles de type émotionnels. En EHPAD, étant donné le peu de temps passé en chambre par les patients, nous avons cherché à détecter des événements propres à la qualité du sommeil (heures effectives de sommeil, réveils nocturnes) afin d'apporter une mesure objective des troubles du sommeil. La détection automatique de ces derniers nous ont paru également particulièrement intéressant dans le sens où près de 44% des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer présentent des troubles du sommeil et qu'il a été démontré qu'un sommeil de mauvaise qualité et des siestes à répétition faisaient partie des premiers symptômes de la maladie d'Alzheimer (Ju et al., 2013). A domicile, nous nous sommes particulièrement intéressés aux comportements de type anxieux (gestes répétitifs, gestes parasites), à l'apathie (locomotion, gestes avec buts) et à l'agitation (revenir sur ses pas, locomotion).

A la différence d'autres systèmes logiciels, il est difficile de connaître les performances exactes des algorithmes de reconnaissance d'activité face à la grande variabilité des situations possibles et donc des paramètres existants (présence d'ombres, luminosité, etc...). Néanmoins il est capital de connaître leur niveau de précision si nous souhaitons les utiliser dans le domaine de la santé. Afin de pouvoir dégager des algorithmes propres à la réalité-terrain et avec le plus de précision possible, il est ainsi indispensable que le clinicien annote sur les vidéos les événements qu'il perçoit. Beaucoup d'outils d'annotations existent, chacun avec son propre format (tels que Viper-GT, LabelMe, Vatic, Anvil). Les formats existants décrivent des objets ou des personnes en utilisant des boîtes englobantes ou des polygones et en leur associant des descriptions textuelles et des métadonnées génériques comme le format, l'encodage et la date de création. Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé l'outil Viper-GT qui permet d'annoter la vérité terrain des événements dans une interface graphique Java. Il

permet la visualisation des évènements et le marquage image par image (frame par frame) des métadonnées des fichiers vidéos stockées au format Viper.

Afin d'annoter ces évènements nous avons développé un langage basé sur une ontologie dédiée pour la reconnaissance d'activité des comportements que nous avons jugé d'intérêt. Dans un premier temps nous avons défini un ensemble de comportements avec des relations de subsomption (annexe 5). Par exemple nous avons défini un état « state », incluant « inactif » et « actif » incluant eux-mêmes les comportements « avec interaction », « sans interaction », « engagé dans une activité » et « sans but ». Au fil des visualisations et des annotations nous avons réduit ce vocabulaire aux comportements les plus visibles et significatifs selon nous. Il se constituait ainsi de la position incluant « assis » et « debout », les gestes incluant « avec buts », « répétés » et « parasites » et les interactions « avec un humain », « avec un animal ».

Ensuite nous avons effectué une programmation du langage ontologique défini en EHPAD (anexe 6) et à domicile (annexe 7) selon les comportements plus spécifiquement recherchés.

Afin que les évènements reconnus soient, par la suite, facilement identifiable et interprétable par le clinicien nous avons également développé une interface de visualisation des évènements (figure 17).

Figure 17 : Interface de visualisation des évènements.

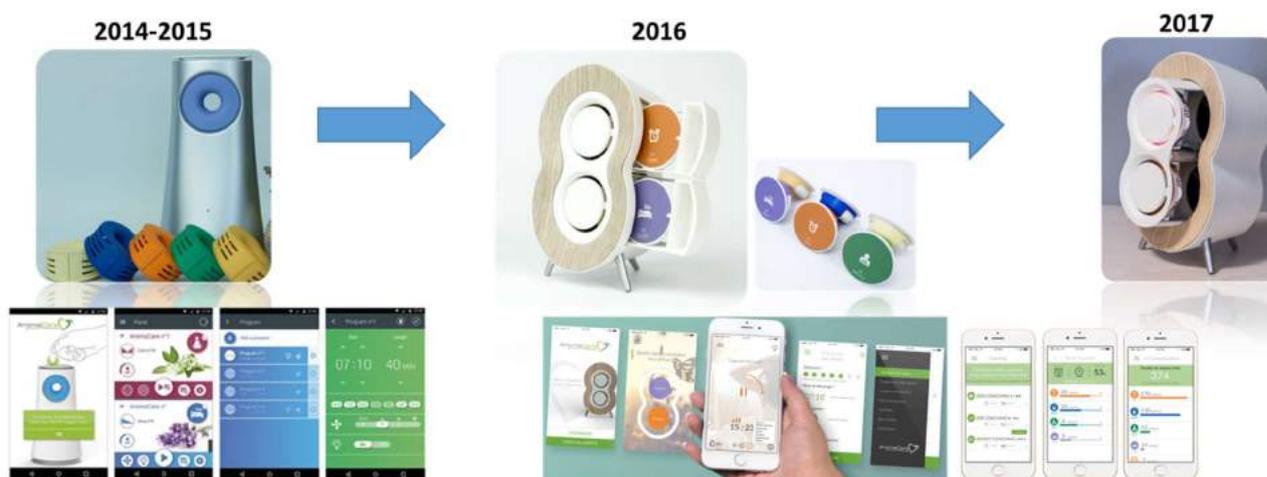


Au sein de cette interface les événements sont représentés par des rectangles sur une ligne de temps en fonction d'un ensemble de codes de couleurs. Par exemple, un rectangle rouge représente les événements urgents tandis qu'un rectangle vert représente les événements sans caractère de danger.

Les interventions non médicamenteuses développées afin de répondre aux troubles émotionnels détectés étaient constituées de musicothérapie, d'aromathérapie et serious games du fait de leurs avantages reconnus, et décrits dans les études précédentes. A cet effet plusieurs solutions et objets connectés ont été développées de façon à ce qu'ils puissent être actifs de manière automatisée lors de la reconnaissance de symptômes touchant la composante comportementale émotionnelle. L'automatisation exigeant un niveau de performance suffisant des algorithmes de reconnaissance d'activité, nous avons procédé au cours des premières expérimentations à une activation programmée. Ainsi nous visualisions les événements au cours de la première semaine, définissions les moments d'agitation ou d'apathie les plus redondants, et diffusions en conséquence durant le reste du suivi.

En aromathérapie, un dispositif connecté muni d'une interface utilisateur a été conçu (partenaire : Aroma Therapeutics). Les mélanges d'huiles essentielles sont intégrées au sein de ce dispositif dans des capsules remplies de perles de polymères et répondent aux besoins spécifiques définis au niveau des troubles émotionnels (anxiété, troubles du sommeil, agitation). L'interface utilisateur permet de suivre les sessions de consommation et de programmer les diffusions via une application smartphone. Durant la durée du projet (3 ans) le dispositif a évolué selon les retours des cliniciens, patients, ingénieurs et chercheurs impliqués dans le projet. La figure 18 représente l'ensemble des avancées du dispositif au cours du temps.

Figure 18 : Evolution du dispositif « AromaCare » au cours de l'étude.



Comme nous pouvons le voir le premier dispositif conçu ne se composait, au début, que d'une seule capsule ce qui ne permettait pas d'adapter les synergies selon les différents symptômes identifiés (apathie ou agitation par exemple). La facilité de recharge s'est également améliorée au fil des trois années de l'étude, de même que les capacités d'orchestration logicielle de ce dispositif.

Deux synergies ont été développées suite à une recherche bibliographique décrivant les bienfaits de certaines huiles essentielles. Pour la prise en charge de l'apathie le mélange d'huiles essentielles élaboré se composait de romarin, citronnelle, citron, cyprès, cannelle, menthe poivrée et sauge. Pour la prise en charge des troubles du sommeil le mélange d'huiles essentielles élaboré se composait de lavande, ylang ylang, mandarine, marjolaine, orange douce et petitgrain notamment du fait des vertus anxiolytiques du linalol et de l'acétate de linalyle.

La diffusion était définie selon un paramétrage spécifique qui a fait l'objet d'un brevet déposé (numéro 15.58234).

Ce paramétrage est détaillé dans le tableau ci-dessous.

Paramétrage de la diffusion olfactive selon le symptôme identifié.

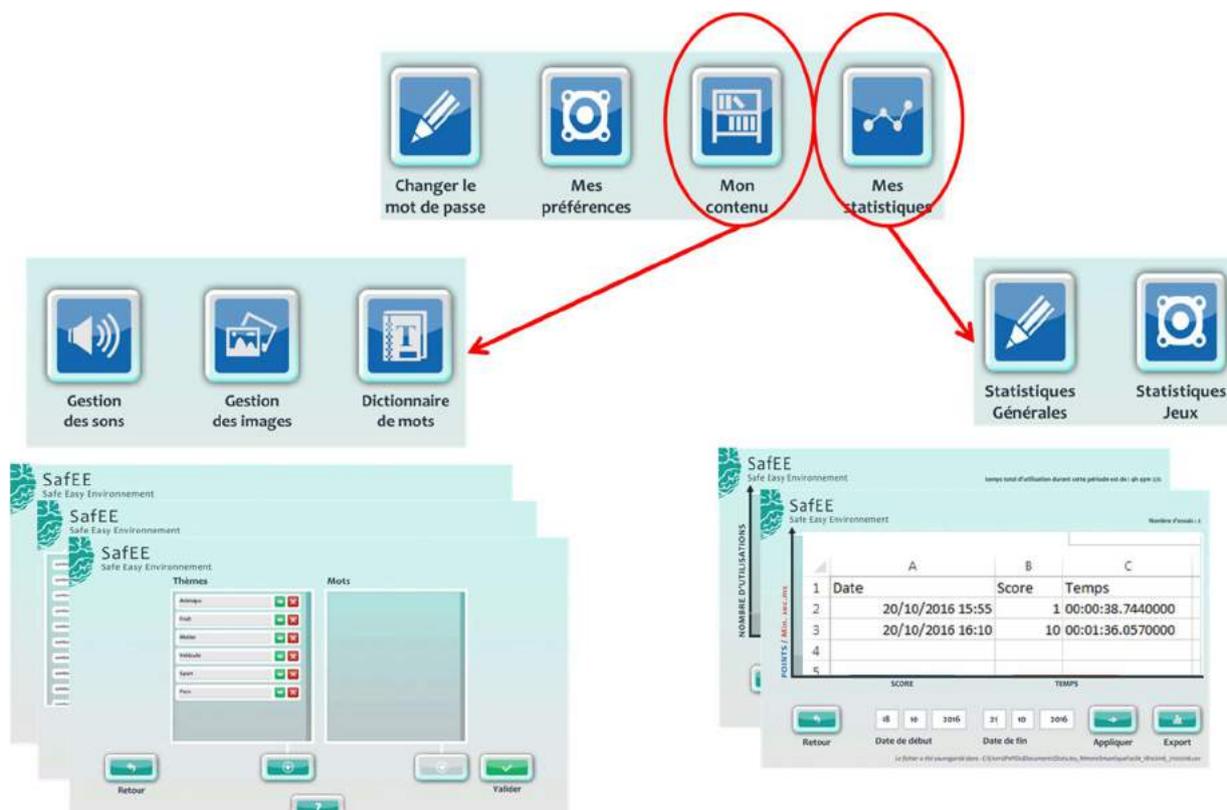
Tableau 16 : Paramétrage de la diffusion olfactive selon les troubles comportementaux observés.

	ON(SEC)	OFF (SEC)	CYCLE (SEC)		CYCLE (SEC)	CYCLE (MINUTES)
A	185	5	190	Apathie : G-F-E-D-C-B-A	1200	20
B	180	15	195	Agitation : A-B-C-D-E-F-G	1200	20
C	150	20	170	Anxiété : A-B-C-D-E-F-G	1200	20
D	140	30	170	Sommeil : A-B-C-D-E-F-G	1200	20
E	125	40	165			
F	120	50	170			
G	85	55	140			

Nos partenaires en serious games (Solar Games) ont développé dans le cadre de cette étude deux applications différentes, l'une destinée aux patients atteints de la maladie d'Alzheimer en EHPAD et l'autre destinée aux patients présentant une fragilité cognitive à domicile. La première application est un JukeBok interactif qui permet, tout en mobilisant la motricité par l'interface avec la Kinect, de jouer de la musique de façon ludique. La seconde application consiste en un entraînement cognitif développé sur tablette Android et qui vise à stimuler, via six mini-jeux, la mémoire auditive, la mémoire visuelle, la mémoire sémantique, l'attention visuelle et l'attention sélective. L'avantage de cette seconde application est qu'elle peut être personnalisée par le clinicien que ce soit au niveau de degré de difficulté ou du matériel proposé (figure 19). Elle permet également au personnel soignant de pouvoir visualiser les

progress du patient via un histogramme et de récupérer les scores précis par le biais d'un fichier csv téléchargeable.

Figure 19 : Application multimédia des jeux d'entraînements cognitifs proposés à domicile.



Enfin, en musicothérapie, nous avons utilisé des séquences développées par notre partenaire Music Care qui sont basées sur une séquence musicale standardisée de vingt minutes. Ces séquences, selon leur découpage, permettent soit de stimuler le patient soit de réduire son anxiété. En effet la séquence en « L » aide progressivement à réduire l'anxiété par une réduction du tempo musical, de la taille de l'orchestre, des fréquences et du volume. Alors que la séquence en J, par une augmentation du tempo, des instruments, de la fréquence et du volume permet de stimuler le patient.

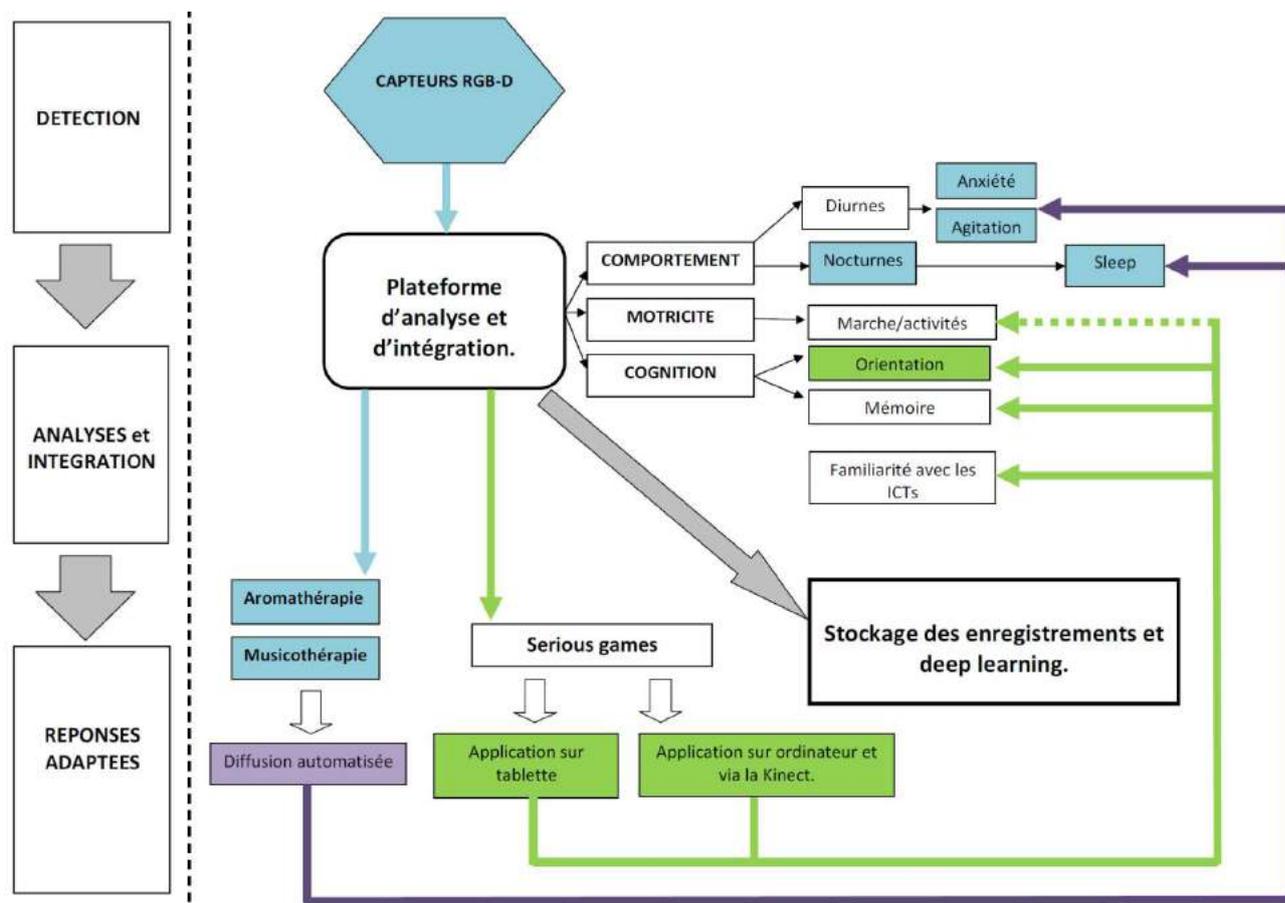
L'objectif final de ce développement était de mettre au point une plateforme communicante entre la reconnaissance automatique d'activité et les solutions non-pharmacologique élaborées (figure 20).

L'avantage d'une telle plateforme basée sur les nouvelles technologies est de :

- fournir aux professionnels soignants des retours continus sur des événements à risques immédiats et à long terme (changements progressifs comportementaux).

- combiner automatiquement une évaluation immédiate des troubles émotionnels à des interventions non-pharmacologiques pouvant agir sur les troubles détectés.
- permettre un diagnostic précoce à domicile des personnes fragiles à risque de développer une maladie d'Alzheimer.

Figure 20 : Plateforme d'évaluation et de prise en charge des troubles émotionnels au niveau comportemental.



4.2. Faisabilité, acceptabilité et premiers résultats de la mise en place de la plateforme chez les patients atteints d'une maladie d'Alzheimer au stade modéré en EHPAD.

Dans le cadre de cette première expérimentation nous avons inclus six patients en EHPAD présentant un diagnostic de maladie d'Alzheimer selon les critères du NINCDS-ADRDA (McKhann, Drachman et al. 1984) ou de maladie d'Alzheimer typique ou atypique (Dubois

B. et al. 2007) au stade modéré. Ces patients ont été suivis durant trois mois par les capteurs RGB-D et ont eu trois évaluations neuropsychologiques et neuropsychiatriques, au début, au milieu et à la fin de l'expérimentation. La première évaluation a été effectuée lors de la première semaine de suivi avant la mise en place des capteurs. Le schéma général de l'étude est décrit dans la figure 21.

Figure 21 : Schéma général de l'étude chez les patients présentant une maladie d'Alzheimer en EHPAD.



Notre objectif principal était, dans un premier temps, de vérifier la faisabilité de la mise en place de la plateforme en EHPAD et son acceptabilité par le personnel soignant.

Afin de tester l'acceptabilité de la mise en place de cette plateforme nous avons interrogé le personnel soignant de l'EHPAD à différents temps de l'expérimentation (T=6). Le personnel interrogé (N=7) était constitué du médecin coordinateur, de l'infirmier, de la psychologue et de quatre aides-soignantes (deux de jour et deux de nuit). Ils ont ainsi rempli le questionnaire de charge de travail ainsi que deux autres questionnaires que nous avons spécialement élaborés à cet effet.

Au niveau de la charge de travail, le personnel soignant a signalé une réduction de la charge de travail entre T1 (début de l'expérimentation) et T6 (fin de l'expérimentation) avec un passage d'un score de 9.8 en moyenne avec un écart-type de 8.1 à un score de 9 en moyenne avec un écart-type de 11.7. Néanmoins cette réduction n'a pas montré de différence statistiquement significative ($p=0,625$).

Le premier questionnaire proposé à l'équipe soignante était composé de cinq questions (composées elles-mêmes de différents choix) pour lesquelles le personnel devait répondre par un chiffre de 1 à 3 (1 : peu à pas adapté ; 2 : adapté ; 3 : très adapté).

En recueillant les réponses du personnel à la fin de l'expérimentation (T6), il ressort que, selon eux :

- L'interface est tout à fait adaptée pour les patients présentant un trouble cognitif léger, une maladie d'Alzheimer, un syndrome de fragilité mais également pour les accompagnants familiaux et les professionnels de santé.

- Les cibles de l'interface qui sont, selon eux, les plus adaptées sont l'agitation, la cognition et la sécurité et celles les moins adaptées sont l'apathie et les interactions sociales.
- L'interface est tout à fait adaptée à la stimulation et à l'évaluation du patient, mais est peu adaptée à la rééducation du patient, au soutien des aidants familiaux et au soutien du professionnel soignant.
- Elle est tout à fait adaptée que ce soit à domicile, dans les accueils de jours, en EHPAD ou dans les hôpitaux.
- Elle doit être utilisée tous les jours et n'est pas adaptée à une fréquence moindre.

Le deuxième questionnaire proposé était constitué de questions fermées à choix unique oui-non.

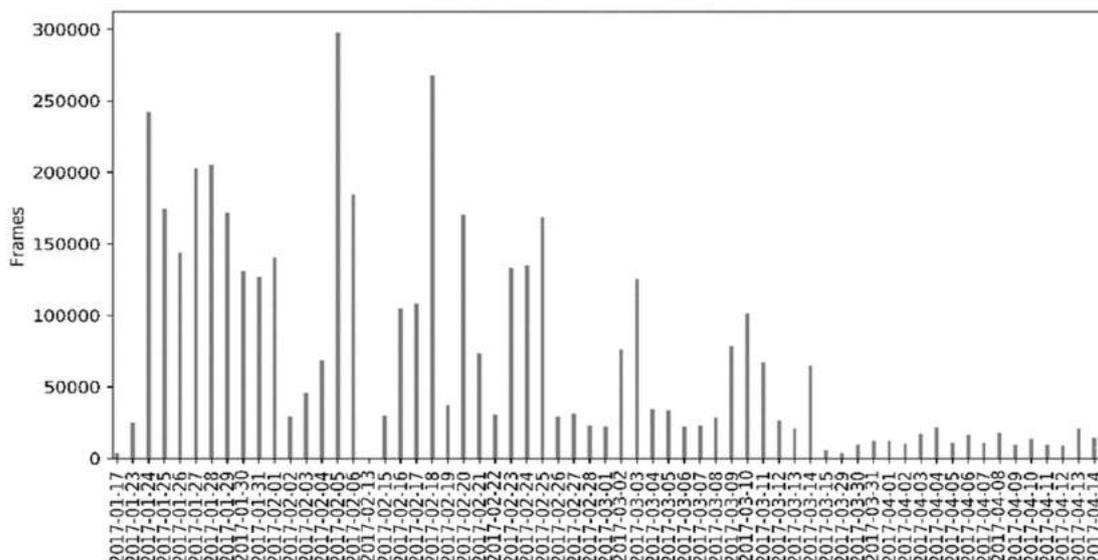
A la fin de l'expérimentation le personnel soignant a estimé que l'interface permettait de mieux évaluer les capacités du patient et de ces troubles, qu'elle était adaptée aux capacités du patient, qu'elle permettait d'élever le bien-être du patient, qu'elle était simple d'utilisation, qu'elle permettait une stimulation multimodale du patient, qu'elle permettait d'être plus serein face à la sécurité du patient, qu'elle réduisait la pression psychologique engendrée par le travail, qu'elle améliorait la qualité de travail, qu'elle ne nécessitait pas de formations au préalable et qu'elle n'empêchait pas les interactions naturelles avec les autres patients. En revanche le personnel soignant estimait que la plateforme ne permettait pas de baisser leur charge de travail. Il est à souligner que leur avis ne divergeait pas entre le début de l'expérimentation et la fin de l'expérimentation.

L'ensemble du personnel soignant a noté l'interface 9/10 à la fin de l'expérimentation, la note était de 8/10 au début de l'expérimentation.

Si la plateforme intégrant les capteurs RGB-D et les interventions non pharmacologiques ont été bien acceptées par les équipes soignantes, en revanche, nous avons relevé des problématiques techniques telles que le débranchement des appareils de diffusion (olfactive ou sonore) au cours de l'expérimentation par le personnel d'entretien ou des problèmes de définition des images recueillies par les capteurs.

En effet, comme nous pouvons le voir dans la figure 22, la qualité de la vidéo ne permettait pas toujours de recueillir des frames d'assez bonne qualité (du fait de problématique de luminosité, positionnement, obstacle, ou autre) ce qui est difficile à contrôler au quotidien.

Figure 22 : Qualité de l'enregistrement via la distribution des frames durant 63 jours.



Comme nous pouvons le constater dans la figure ci-dessus, nous relevons une baisse progressive du nombre de frames enregistrées à partir du 26 février 2017.

La précision de la reconnaissance d'activité des troubles sommeils a ensuite été évaluée sur les frames de suffisamment bonne qualité.

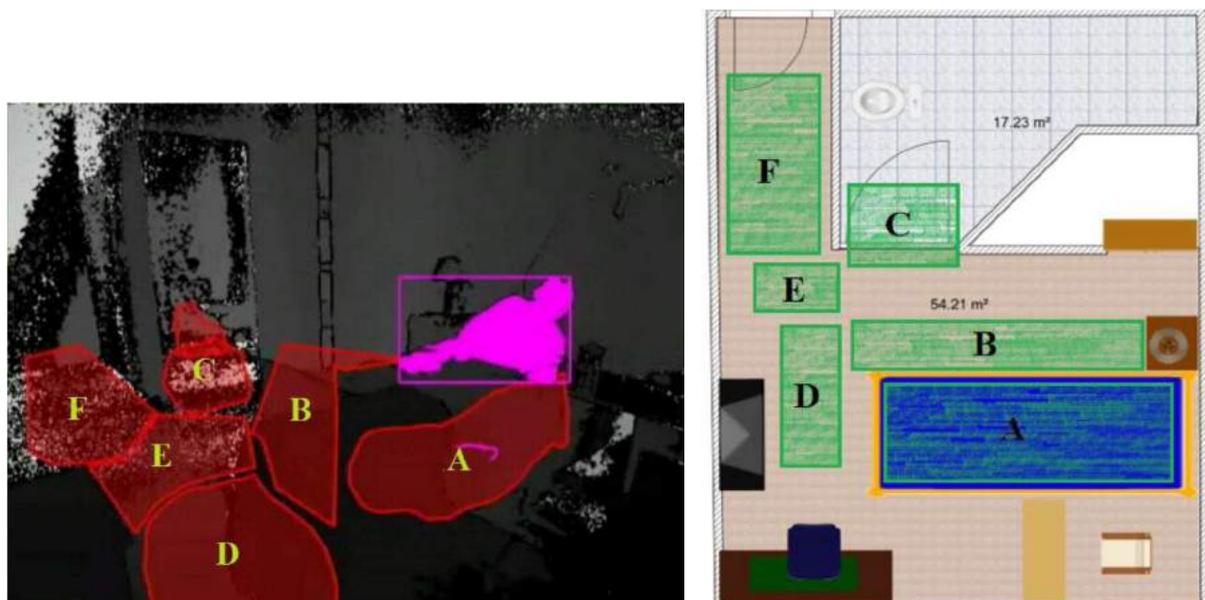
A cet effet, plusieurs méthodes d'analyse d'activité ont été utilisées afin d'augmenter la précision de la reconnaissance automatique. Les évènements d'intérêt ont été représentés par « get in bed » et « get out bed ».

Le premier modèle, le modele A, consistait à combiner les indicateurs de temps et de position en créant plusieurs zones d'intérêt que sont la zone du lit et les zone hors du lit. La figure 23 représente l'environnement de la chambre en EHPAD en trois dimensions. La figure 24 montre les zones d'intérêt étudiées directement via les capteurs RGB-D et de manière schématisée sur un plan de la chambre.

Figure 23 : Représentation des chambres de l'EHPAD en trois dimensions.



Figure 24 : Zones d'intérêt délimitées pour la reconnaissance automatique d'activité des troubles du sommeil.

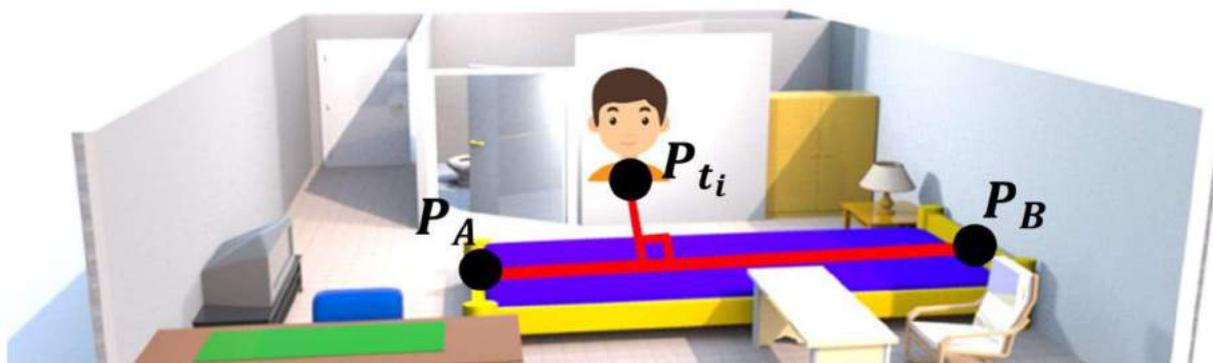


La figure de droite montre les zones directement détectées par les capteurs RGB-D selon la disposition de la caméra Kinect dans la chambre. La figure de gauche schématise ces mêmes zones selon le plan de la chambre de l'EHPAD.

La performance de ce modèle n'était pas satisfaisante du fait des « sauts d'images » résultant des frames non enregistrées et des détections de zones. En effet, lorsque le patient était proche du lit ou assis sur le lit l'évènement détecté était « get in bed » alors qu'il n'était pas entrain de se coucher pour autant.

Par conséquent, une nouvelle méthode, la méthode B, a été développée (annexe 8). Afin de mieux reconnaître les activités « se coucher » et « sortir du lit » nous avons calculé la distance verticale entre la personne et une ligne de référence qui passe horizontalement au centre du lit. Celle-ci est représentée dans la figure 25.

Figure 25 : Représentation de la distance calculée dans la méthode B sur un plan en trois dimensions des chambres de l'EHPAD.



Pt_i est la position du patient durant l'intervalle de temps d'une frame. $i \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$.

$Pbed \in \{PA, \}$, PA et PB représentent les deux points aux extrémités du lit.

Enfin, une nouvelle méthode, la méthode C, a été ajoutée à la méthode B afin de prendre en compte les sauts d'image.

La performance des trois modèles utilisées (A ; B et B+C) est décrite dans les tableaux 17 et 18.

Tableau 17 : Performances des différents modèles utilisés dans la détection de l'activité «se coucher».

Methode	VP	FP	FN	Precision	Rappel	F1-score
A	6	14	10	0.3	0.37	0.33
B	9	2	8	0.81	0.52	0.64
B+C	12	6	5	0.6	0.70	0.68

Tableau 18 : Performances des différents modèles utilisés dans la détection de l'activité «se lever».

Methode	VP	FP	FN	Precision	Rappel	F1-score
A	7	9	8	0.43	0.46	0.45
B	7	5	8	0.58	0.46	0.51
B+C	14	10	1	0.58	0.93	0.71

VP : vrais positifs ; FP : faux positifs ; FN : faux négatifs.

$Precision$: $VP/(VP+FP)$

$Rappel$: $VP/(VP+FN)$

$F1 = 2 (precision \times rappel) / (precision + rappel)$

Nous pouvons remarquer que la méthode B permet une amélioration du nombre de vrais positifs, faux négatifs et faux positifs. L'ajout de la méthode C permet une diminution du nombre de faux négatifs mais augmente le nombre de faux positifs. La méthode B+C, bien que n'ayant pas augmenté la précision a en revanche nettement amélioré le rappel et la performance globale de l'algorithme pour la reconnaissance des activités « se coucher » et « se lever ».

Dans un second temps nous souhaitons avoir des premières données sur l'effet des solutions non-pharmacologiques que nous avons développées sur la sphère comportementale et cognitive des patients. A cet effet, nous avons effectué des évaluations neuropsychologiques et neuropsychiatriques composées du NPI, de l'IA, de la BREF, de la MADRS (Montgomery and Asberg, 1979) et de l'échelle de solitude. Les résultats sont décrits dans le tableau 19.

Tableau 19 : Evolution des scores neuropsychologiques et neuropsychiatriques au début (T1) et à la fin de l'expérimentation (T2).

	MOYENNE	[ECART-TYPE]	MEDIANE	[Q1 ; Q3]	P-VALEUR*
NPI					0,628
T1	9,5	[7,3]	9,0	[4,0 ; 15,0]	
T2	8,2	[10,6]	4,0	[0,0 ; 15,0]	
IA					1,000
T1	3,2	[1,2]	3,0	[2,0 ; 4,0]	
T2	3,0	[3,0]	3,0	[0,0 ; 4,0]	
BREF					0,500
T1	8,8	[2,9]	9,0	[7,0 ; 11,0]	
T2	11,0	[4,2]	12,5	[14,0 ; 8,0]	
MADRS					0,87
T1	14,7	[9,8]	13,0	[8,0 ; 20,0]	
T2	17,8	[10,6]	19,0	[14,0 ; 24,0]	
SOLITUDE					0,500
T1	51,0	[10,0]	51,0	[50,0 ; 59,0]	
T2	53,0	[4,5]	52,0	[49,5 ; 56,5]	

Comme nous pouvons le constater dans le tableau ci-dessus, bien qu'aucune différence significative statistiquement ne puisse se détacher, probablement en raison du faible échantillon inclus, nous pouvons constater :

- une réduction des symptômes neuropsychiatriques relevés au sein du NPI.
- une diminution de l'apathie (via l'Inventaire Apathie).
- une amélioration des fonctions cognitives issues de la BREF.
- mais une augmentation des scores de dépression et de solitude (MADRS et échelle de solitude).

Dans la perspective de continuer ce projet en réalisant une étude d'efficacité, nous avons procédé à un calcul du nombre de sujets nécessaires pour mettre en évidence un effet des interventions non-pharmacologiques sur les composantes comportementales et cognitives (tableau 20).

Tableau 20 : Estimation du nombre de patients nécessaires dans la perspective d'une étude d'efficacité.

	DIFF DE POINTS	SD	PUISSANCE	NSN
NPI	1,3	9	80	379
IA	0,2	2	80	787
CTS	0,8	10	80	1229

BREF	2,2	3	80	17
MADRS	3,1	10	80	84
SOLITUDE	2,0	7	80	99

SD : écart-type ; NSN : nombre de sujets nécessaires.

Ce tableau permet de mettre en évidence que seulement 17 patients devraient être inclus pour montrer des différences significatives à la BREF (et 22 à une puissance de 90%). Il est intéressant de constater que, au sein de la BREF, les patients ont amélioré leur score particulièrement au niveau de la tâche du Go/NoGo. Ce paradigme permet d'évaluer une forme de contrôle comportemental consistant à inhiber une réaction suscitée par un stimulus externe, au profit d'une réponse comportementale contrôlée. Aussi, il exige des capacités d'attention sélective qui, comme nous l'avons mis en évidence, ont un rôle dans les capacités de régulation des émotions. Nous pouvons donc supposer que les solutions non-pharmacologiques développées au sein de cette plateforme pourraient augmenter les capacités de régulation émotionnelle des patients.

4.3. Faisabilité et acceptabilité de la mise en place de la plateforme chez les patients atteints de syndrome de fragilité cognitive à domicile.

Au sein de cette seconde expérimentation nous avons pour objectif de tester la faisabilité et l'acceptabilité de cette plateforme cette fois au domicile de patients présentant un syndrome de fragilité cognitive selon les critères de Strawbridge (Strawbridge et al., 1998).

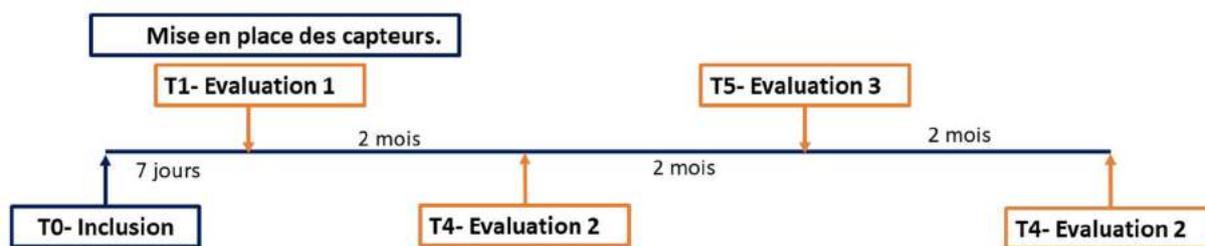
Nous avons inclus trois patients (2F et 1H) avec un suivi de six mois. Dans le cadre de la randomisation de l'étude, seule une patiente a eu les solutions non-médicamenteuses à domicile, les deux autres patients n'ont eu à domicile que les capteurs RGB-D.

Les schémas de l'étude pour les patients avec ou sans les solutions thérapeutiques sont décrits respectivement dans les figures 26 et 27.

Figure 26 : Schéma de l'étude pour les patients avec solutions thérapeutiques.



Figure 27 : Schéma de l'étude pour les patients sans solutions thérapeutiques.

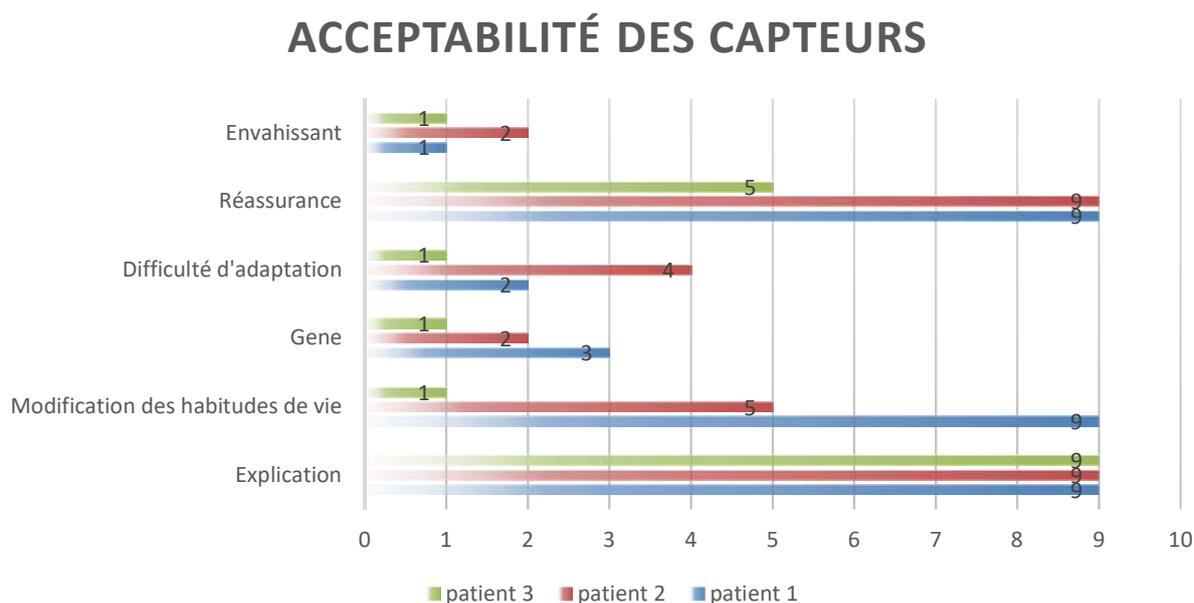


Dans le cadre de cette expérimentation, notre objectif principal était de vérifier l’acceptabilité des patients.

A cet effet nous avons réalisé un questionnaire d’acceptabilité pour les capteurs ainsi que pour chaque solution. Les trois patients ont répondu au questionnaire portant sur l’acceptabilité des capteurs mais seule une patiente a répondu sur l’acceptabilité des capteurs et des solutions (patiente dans le groupe « avec solutions »).

La figure 28 rassemble les réponses des patients de 1 à 10 (1= pas du tout ; 10=énormément) sur les questions : « Trouvez-vous les capteurs envahissants ? », « Les capteurs vous ont-ils rassurés ? », « Avez-vous éprouvé des difficultés à vous adapter à la présence des capteurs ? », « Les capteurs vous ont-ils gêné au quotidien ? », « Les capteurs ont-ils modifié vos habitudes de vie ? » et « Avez-vous eu suffisamment d’explications préalables à l’installation des capteurs ? ».

Figure 28 : Acceptabilité des capteurs selon les patients fragiles (N=3) inclus à domicile.

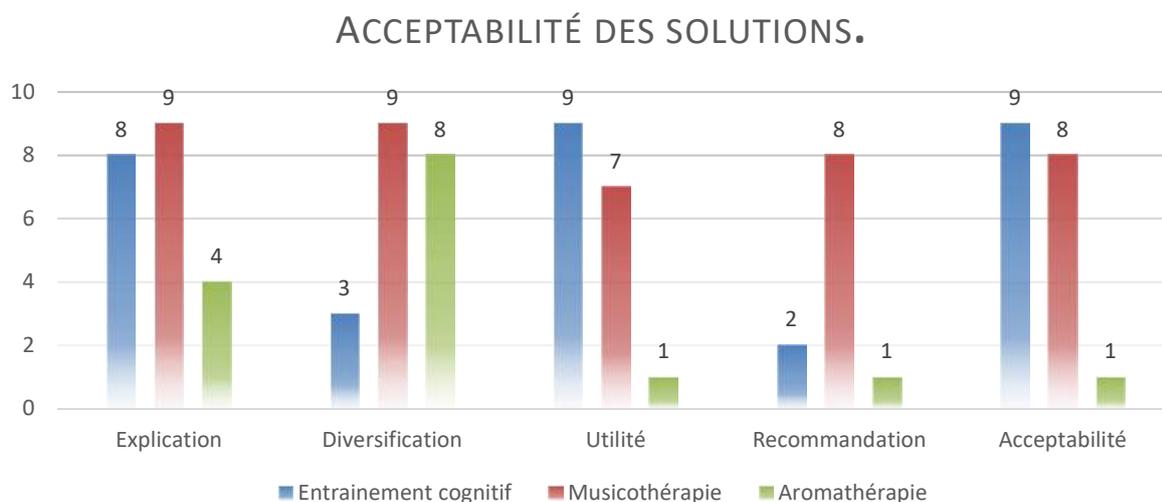


Comme on peut le constater dans la figure ci-dessus, les patients ont trouvé majoritairement les capteurs peu envahissants et gênants. Ils n'ont pas eu de difficulté majeure à s'adapter aux capteurs vidéos et ont eu des explications suffisantes avant leur installation. De même, ils ont été rassurés par leur présence. En revanche, deux patients sur les trois interrogés ont signalé que les capteurs avaient généré des différences dans leurs habitudes de vie. Ce dernier point est particulièrement intéressant dans le sens où, afin que l'évaluation soit la plus écologique possible, il est important que les patients continuent à se comporter de manière naturelle.

Le questionnaire d'acceptabilité des solutions réalisé a été soumis à la patiente qui avait à la fois les capteurs et les interventions non-pharmacologiques à domicile.

Ce questionnaire comprenait cinq questions communes pour chaque solution qui étaient : « Avez-vous eu suffisamment d'explications préalables à l'installation des solutions ? », « Les solutions (aromathérapie, musicothérapie ou serious games) étaient-elles suffisamment diversifiées ? », « Avez-vous trouvé ces solutions utiles ? », « Recommanderiez-vous ces solutions ? », « Avez-vous trouvé ces solutions agréables ? ». La patiente devait répondre par un chiffre de 1 (pas du tout d'accord) à 10 (tout à fait d'accord).

Figure 29 : Acceptabilité des différentes interventions non-pharmacologiques utilisées.

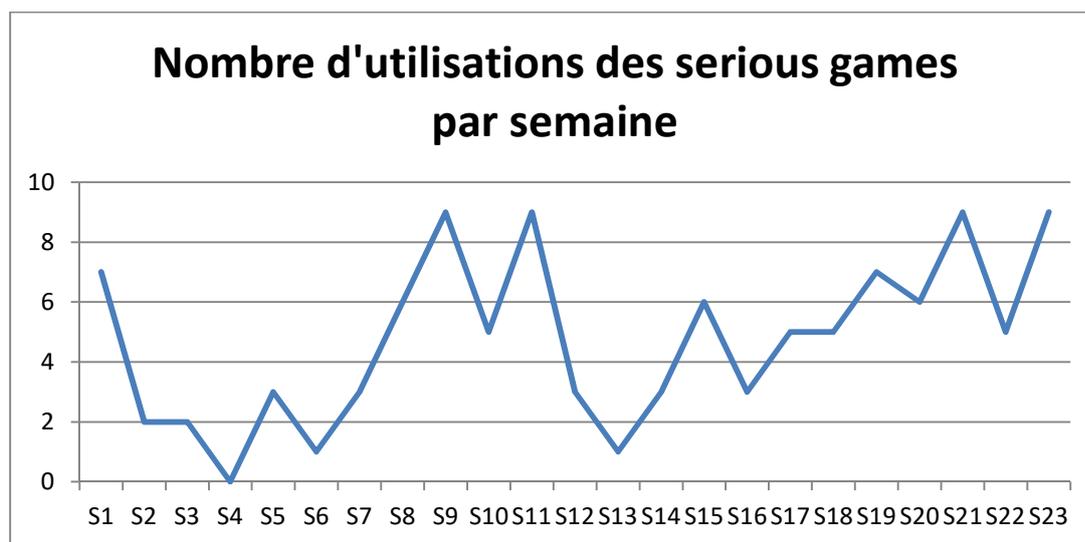


La patiente a jugé la musicothérapie diversifiée, suffisamment expliquée, et utile. Elle a signifié qu'elle recommanderait ce type de solutions non-pharmacologiques. Les serious games basés sur l'entraînement cognitif ont également montré une acceptabilité importante par la patiente. Elle a précisé qu'elle ne recommanderait pas les serious games à son entourage tout simplement parce qu'elle ne connaissait pas de personnes nécessitant un entraînement cognitif. Elle a néanmoins signalé un manque de diversification qui risque de laisser les utilisateurs. L'aromathérapie a été la solution la moins acceptée par la patiente. Elle

a expliqué que cela était dû au fait qu'elle souffrait d'hyposmie et que, étant donné qu'elle ne sentait rien, elle n'avait pas l'impression que l'aromathérapie pouvait être efficace. La mise en place de solutions de ce type nécessiterait donc davantage d'explications au préalable.

L'acceptabilité des serious games a été également évaluée par le biais de la fréquence d'utilisation de ces derniers par la patiente. La figure 30 résume le nombre d'utilisation des serious games durant les vingt-trois semaines de suivi.

Figure 30 : Nombre d'utilisations des serious games durant les 23 semaines de suivi.



Comme on peut le constater dans la figure ci-dessus, on relève une baisse de l'utilisation de la tablette durant les premières semaines (en raison probablement de la période des fêtes de fin d'année) puis une augmentation soudaine, une diminution progressive et enfin une augmentation progressive jusqu'à la fin de l'expérimentation. La fréquence d'utilisation n'ayant pas subi de baisse progressive au fil du suivi nous pouvons supposer que la patiente ne s'est pas lassée des entraînements proposés. Ce constat confirme la bonne acceptabilité exprimée par la patiente dans le questionnaire proposé à la fin de l'expérience mais n'est pas en accord avec le manque de diversification souligné.

Tout comme l'expérimentation réalisée en EHPAD, nous avons réalisé des évaluations neuropsychologiques et neuropsychiatriques à différents temps du suivi. Les résultats sont présentés dans le tableau 21.

L'information sur les propriétés spatiales a été extraite du fichier xml1 et convertie en données Python Pandas afin d'analyser et de visualiser les données. De la même manière le fichier xml3 a été converti en données Pandas et toutes les images (frames) ont été stockées dans une liste :

```

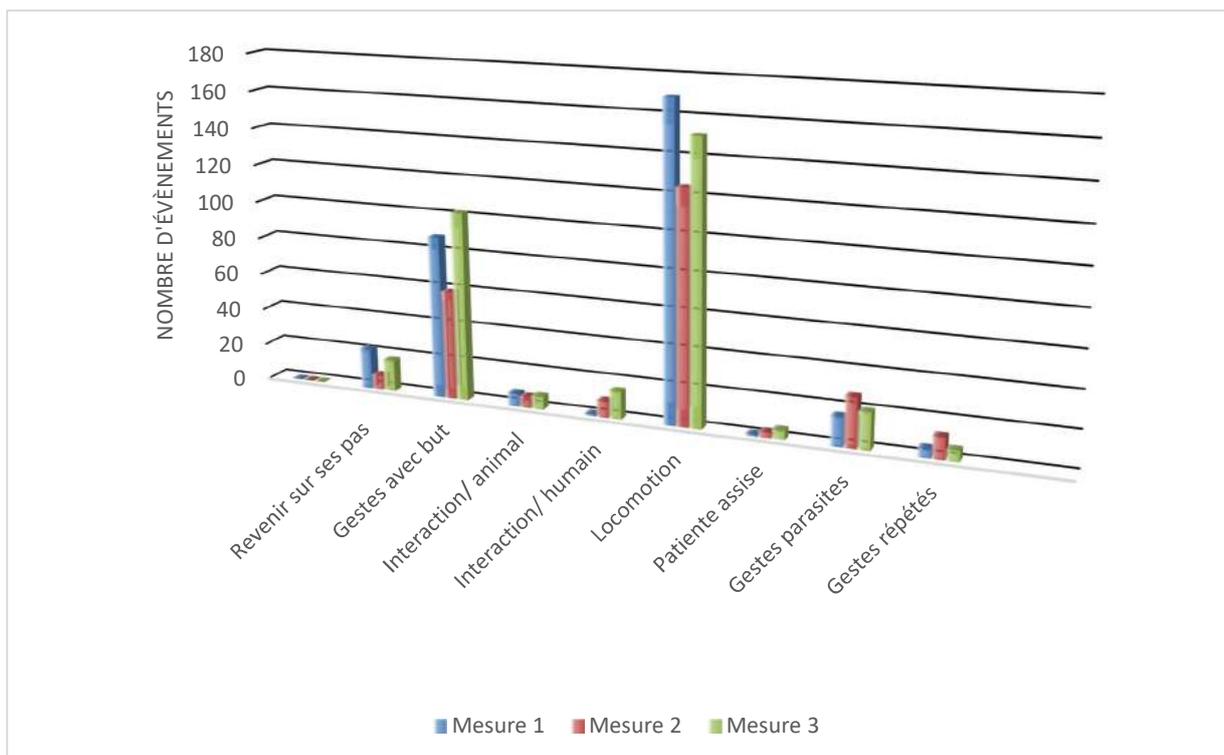
even= pd.read_pickle("~/xml3.pd")
frames = even[even['EventName']
=="move_with_displacement"]['End']
frames1 = even[even['EventName']
=="move_with_displacement"]['Start']
f= np.asarray(frames1)
g=[]
f1= np.asarray(frames)
for x in range(0, len(f)-1):
if f[x+1] != f[x]:
g.append(f[x])
t = f1[x]
g.append(t)

```

g est une liste comprenant l'ensemble des frames entre le début et la fin de l'évènement « revenir sur ses pas ». Nous avons ainsi, à partir de cette liste, comparé chaque paire de frames consistant en un aller et un retour.

La quantité des évènements détectés automatiquement par les capteurs à trois temps de l'expérimentation est détaillée dans la figure 32.

Figure 32 : Quantité des évènements d'intérêt au début, milieu et à la fin de l'expérimentation.



La figure 32 met en évidence :

- une augmentation progressive des interactions sociales durant les six mois de suivi.
- une augmentation des gestes répétitifs et des gestes parasites.
- une augmentation (entre la mesure 1 et la mesure 3) des gestes avec buts.
- une diminution des déplacements associée à une augmentation des positions assises.
- une diminution des déambulations de type revenir sur ses pas.

En conclusion, cette étude avait pour objectif principal de développer une plateforme basée sur les nouvelles technologies et permettant d'évaluer et de prendre en charge les troubles émotionnels au niveau de la composante comportementale. Ce développement nécessitait à la fois un développement des algorithmes de reconnaissance d'activité permettant la détection des comportements déterminés comme émotionnellement saillants et des interventions non-pharmacologiques. Le premier développement effectué a été celui des interventions non-pharmacologiques qui ont ensuite évoluées tout au long du projet. Les principaux constats réalisés à la fin du projet portaient sur la nécessité de développer des objets connectés les plus robustes possibles, qui nécessitaient le moins de manipulation par les patients ou le personnel soignant et dont le fonctionnement était au maximum automatisé et communicant. Au niveau des serious games nous avons constaté l'importance de la diversification, la personnalisation et la mobilité de ces derniers. En effet les patients, particulièrement à domicile, étaient en demande de pouvoir les utiliser dans les transports ou lors de leurs déplacements. Pour cette raison, les entraînements cognitifs, initialement proposés sous un format fixe (ordinateur et Kinect) ont été développés sous un format nomade (tablette).

Le développement des algorithmes de reconnaissance automatique d'activité n'est à ce jour pas encore terminé mais la performance des modèles utilisés a été considérablement améliorée.

Notre second objectif était de vérifier l'acceptabilité de cette plateforme par les patients et le personnel soignant. Cette acceptabilité s'est avérée bonne à chaque temps de l'expérience et cela malgré certains problèmes techniques ayant eu lieu en EHPAD plus particulièrement.

Néanmoins, et si les capteurs RGB-D permettaient de rassurer les patients à domicile, certains ont signalé le fait qu'ils avaient modifié leurs habitudes de vie en rendant leurs gestes moins naturels. Les premières données des capteurs RGB-D semblent confirmer ce constat en montrant une augmentation des gestes répétés et des gestes parasites au milieu du suivi. Ces événements ont en revanche diminué à la fin de l'expérimentation ce qui mettait en évidence un effet d'habituation. Au niveau des interventions non-pharmacologiques la seule patiente

ayant pu en bénéficier à domicile a déclaré une bonne acceptabilité mis à part pour l'aromathérapie. Etant donné l'hyposmie que le patiente présentait, ce constat semble montrer l'importance de mieux expliquer les solutions mises en place et l'intérêt de ces dernières en cas de troubles sensoriels.

Sans recherche de significativité statistique, étant donné le faible échantillon de patients inclus, nous avons souhaité obtenir de premières données sur la possible efficacité de cette plateforme sur l'amélioration des évaluations neuropsychologiques et neuropsychiatriques. Nous avons ainsi relevé, que ce soit à domicile ou en EHPAD, une amélioration des scores à la BREF et particulièrement dans la tâche du Go/NoGo. Le fait que ce paradigme permette d'évaluer une forme de contrôle comportemental corrélée aux capacités émotionnelles dans la composante cognitive laisse supposer que cette plateforme pourrait constituer une prise en charge du fonctionnement fronto-limbique par une amélioration des capacités de régulation des émotions. De même, la réduction des allers-retours sans buts et l'augmentation des gestes avec buts chez la patiente à domicile au fil du suivi laisse supposer une action de la plateforme mise en place sur la composante comportementale des émotions. Il paraît ainsi intéressant que ces premières pistes d'efficacité soient infirmées ou confirmées par une prochaine étude incluant davantage de patients. Nos perspectives de recherches sont de mener une seconde étude d'efficacité en étudiant notamment la corrélation entre les scores aux échelles neuropsychiatriques et les données issues des capteurs RGB-D. Nous sommes également en train de mettre en place une étude collaborative avec l'EHPAD de l'Institut Claude Pompidou par la mise en place d'une diffusion automatisée de séquences sonores utilisant les capteurs RGB-D pour la prise en charge des troubles comportementaux et la prévention des chutes.

Tableaux comparant la corrélation entre les éléments symptomatiques décrits dans les échelles cliniques avec les mesures utilisables et utilisées au sein de notre étude.

Tableau 22 : Corrélation entre les éléments d'apathie décrits dans l'Inventaire Apathie avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.

IA		Emoussement affectif	Perte d'initiative	Perte d'intérêt
Mesures utilisées ou utilisables en recherche.	Actigraphie.			√
	Paramètres physiologiques	√		
	Reconnaissance faciale	√		
Mesures utilisées dans notre étude.	Reconnaissance automatique des activités : « locomotion », « gestes avec buts », « interaction »		√	√

IA : Inventaire apathie. Paramètres physiologique : réponse cutanée, fréquence cardiaque et respiratoire. Reconnaissance faciale : reconnaissance des expressions émotionnelles faciales.

Le tableau ci-dessus met en évidence que la reconnaissance automatique des activités étudiées dans notre étude semble pertinente pour l'évaluation de l'apathie notamment via les événements détectés « gestes avec buts » et « interaction sociale ». Les événements recherchés au sein de notre étude ne permettent néanmoins pas la mise en évidence de l'émoussement affectif. Les paramètres physiologiques et la reconnaissance faciale apparaissent comme des mesures complémentaires intéressantes en ce sens.

Tableau 23 : Corrélation entre les éléments d'agitation décrits dans l'échelle de Cohen-Mansfield avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.

Echelle de Cohen-Mansfield		Agitation physique non agressive	Agitation verbale non agressive	Agitation et agressivité physique	Agitation et agressivité verbale
Mesures utilisées ou utilisables en recherche.	Actigraphie.	1/13 items√ (item 10)			
	Reconnaissance automatisée des gestes fins.	2/13 items√ (items 2, 6)		6/9 items√ (19, 20, 21, 22, 23,26)	
	Reconnaissance vocale.		2/4 items√ (items 14,16)		1/3 items√ (item 29)
Mesures utilisées dans notre étude.	Reconnaissance automatique des activités : « revenir sur ses pas », « locomotion », « gestes répétés ».	3/13 items√ (items 5, 7,10)			

Agitation physique non agressive : 13 items : 1. Cherche à saisir, 2. Déchire les affaires, 3. Mange des produits non comestibles, 4. Fait des avances sexuelles physiques, 5. Déambule, 6. Se déshabille, se rhabille, 7. Attitudes répétitives, 8. Essaie d'aller ailleurs (fugues), 9. Manipulation non conforme des objets, 10. Agitation généralisée, 11. Recherche constante d'attention, 12. Cache des objets, 13. Amasse des objets.

Agitation verbale non agressive: 4 items : 14. Répète des mots, des phrases, 15. Se plaint, 16. Emet des bruits bizarres, 17. Fait des avances sexuelles verbales.

Agitation et agressivité physiques : 9 items : 18. Donne des coups, 19. Bouscule, 20. Mord, 21. Crache, 22. Donne des coups de pied, 23. Griffes, 24. Se blesse, blesse les autres, 25. Tombe volontairement, 26. Lance des objets.

Agitation et agressivité verbales : 3 items : 27. Jure, 28. Est opposant, 29. Pousse des hurlements.

Nous avons souhaité comparer l'utilité de différents capteurs utilisés ou utilisables dans le futur pour la détection de l'ensemble des éléments composant l'échelle de Cohen-Mansfield. Le tableau met en évidence que les différentes mesures utilisées dans notre étude ou répertoriées ne permettent pas de rendre compte de l'ensemble des éléments décrits dans cette échelle. En revanche, il apparaît que la reconnaissance des activités d'intérêt dans notre étude peut être intéressante pour l'évaluation de l'agitation physique non agressive. Néanmoins, l'évaluation de l'agitation physique agressive nécessite la reconnaissance de gestes et activités plus fins (lancer, mordre, etc...). Enfin, la reconnaissance vocale apparaît nécessaire pour compléter l'évaluation de l'agitation verbale.

Tableau 24 : Corrélacion entre les éléments d'anxiété décrits dans l'échelle d'anxiété de Hamilton avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.

Echelle d'anxiété de Hamilton ou HARS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Mesures utilisées ou utilisables en recherche.	Capteurs physiologiques.		√		√					√	√				√
	Electromyographie		√					√							√
	Tests cognitifs					√									
	Caméra infrarouge									√					√
	Reconnaissance d'activité des postures						√	√				√			√
Mesures utilisées dans notre étude.	Reconnaissance automatique des activités : « gestes répétés », « gestes parasites », « revenir sur ses pas », « se coucher », « se lever »		√		√										√

1. Humeur anxieuse ; 2. Tension nerveuse ; 3. Craintes ; 4. Insomnie ; 5. Troubles de la concentration et de la mémoire ; 6. Humeur dépressive ; 7. Symptômes somatiques musculaires ; 8. Symptômes somatiques sensoriels ; 9. Symptômes cardio-vasculaires ; 10. Symptômes respiratoires ; 11. Symptômes gastro-

intestinaux ; 12. Symptômes urinaires et génitaux ; 13. Autres symptômes du SNA ; 14. Comportement pendant l'entretien.

Le tableau ci-dessus permet de mettre en évidence que les troubles détectés par les événements définis dans notre étude ne concernent que trois domaines de l'échelle d'anxiété d'Hamilton. En revanche, l'amélioration des capacités de détection par le biais de la reconstruction du squelette (pour la reconnaissance des postures) et l'avancée des caméras de détection avec l'apport de l'infrarouge permettraient d'évaluer huit items sur les quatorze en n'utilisant qu'un seul type de dispositif.

Tableau 25 : Corrélation entre les domaines décrits dans l'index de qualité du sommeil avec les mesures utilisables en recherche et utilisées dans notre étude.

Index de qualité du sommeil (PSQI)		Qualité	Latence	Durée	Efficacité	Troubles	Médec.	Fatigue le jour
Mesures utilisées ou utilisables en recherche	Objets connectés	√	√	√	√	√		
	Matelas intelligent	√	√	√	√	√		
	Capteurs portés	√	√	√	√	√		√
	Reconnaissance gestes fins.						√	
Mesures utilisées dans notre étude.	Reconnaissance automatique des activités : « levers », « couchers », « déplacements hors de la zone du lit ».			√		√		

Médec : prise de médicament pour s'endormir.

Comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus, les outils technologiques déjà utilisés pour l'évaluation des troubles du sommeil apparaissent comme les plus complets et dépassent les capacités de reconnaissance d'activité utilisées au sein de notre étude. En effet, par rapport aux objets connectés, la seule activité que pourrait reconnaître les capteurs RGB-D que ces différents objets ne permettent pas est la prise de médicament. En ce sens le développement de nouveaux algorithmes ne semblent avoir de sens qu'en complémentarité des mesures permises par les objets connectés.

Tableau 26 : Elements recommandés dans les différents types de prise en charge utilisées par rapport aux éléments constitutifs utilisés dans ces domaines.

		Musique				Aromathérapie			Serious Games		
		Harm	Ryth	Temp	Mélodie connue	Citronellal citral	Linalol, Acétate de linalyle	cinéol 1.8	Emot	Attent	Relax
R E F E R E N C E S	Apathie		✓	✓	✓	✓		✓	✓		
	Anxiété.	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
	Agitation.	✓	✓	✓	✓		✓			✓	
	Troubles du sommeil.		✓	✓	✓		✓				✓
U T I L I S E S	Apathie	✓	✓	✓		✓		✓			
	Anxiété.	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
	Agitation.	✓	✓	✓			✓			✓	
	Troubles du sommeil.	✓	✓	✓			✓				

Harm : harmonie ; Ryth : rythme ; Temp : tempo ; Emot : émotion ; Attent : attention ; Relax : relaxation.

Le tableau ci-dessus permet de rendre en compte les éléments constitutifs principalement référencés comme ayant une action sur les différents troubles comportementaux d'intérêt dans notre étude. Les dernières colonnes mettent en évidence les éléments de prise en charge dans les domaines de l'aromathérapie, de la musicothérapie et des serious games que nous avons utilisés. Nous pouvons ainsi constater que les synergies d'aromathérapie développées rassemblaient les composants les plus référencés pour les symptômes d'intérêt. En revanche, les serious games ne permettaient pas d'entraîner les différentes capacités de régulation des émotions car ne disposaient pas de module de gestion de la respiration, d'entraînement à la pleine conscience ou à la relaxation. De même les séquences musicales utilisées ne contenaient pas de mélodies connues qui pourtant ont montré leur efficacité pour le renforcement de l'aspect émotionnel (motivationnel ou apaisant).

Contributions personnelles :

Au sein de cette étude mes contributions personnelles ont été de :

- rédiger et soumettre les deux protocoles de recherche (ClinicalTrials.gov, NCT02288221).
- coordonner l'ensemble des partenaires scientifiques et industriels.
- réaliser les évaluations neuropsychologiques et neuropsychiatriques.
- rédiger les différents rapports à l'Agence Nationale de Recherche.

- organiser et animer les différentes réunions d'avancées entre l'ensemble des partenaires impliqués dans le projet.
- rédiger le cahier des charges des différents entrainements cognitifs développés en serious games (construction des jeux et choix du matériel utilisé).
- faire des retours cliniques aux industriels au fil des avancées du projet de façon à ce qu'ils adaptent au fur et à mesure leurs solutions.
- installer les solutions non-pharmacologiques en EHPAD et à domicile.
- échanger et expliquer les interventions aux équipes soignantes et aux patients à domicile.
- définir les évènements à détecter selon les possibilités des capteurs.
- annoter les évènements via l'outil Viper.
- analyser et interpréter les résultats.

L'annotation des évènements à détecter et leur définition ont été réalisées en collaboration avec Valeria Manera, chercheur dans l'équipe CoBTeK. Les algorithmes de reconnaissance automatique d'activités et les différents modèles utilisés ont été réalisés par les ingénieurs INRIA, Carlos Fernando-Crispim, Yu-Feng Chen, Francesco Verrini, et Kartik (équipe STARS). La mise en place des capteurs RGB-D a été réalisée par Matias Marin, technicien à INRIA. L'interface de feed-back a été réalisée en collaboration avec le médecin coordinateur de l'EHPAD et Cédric Duminy, ingénieur INRIA (équipe INDIA).

Communications avec actes en lien avec cette étude :

1. **Gros, A.** (2015). Olfaction, émotions et comportements. *European Psychiatry* 30, S32.
2. **Gros, A, David, R, Chung, PC, Chicheportiche, L, Moy, L, De Stoutz, J, Guetin, S, Bremond, F, Robert, P** (2016). First results from the SafEE project: Safe & Easy Environment for Alzheimer's disease and related disorders. *Gerontechnology*, 15(0), 80-80 (annexe 9).
3. David R., Bremond F, Robert P.H, Herbert J.F, Le Cozannet R., Chung P.C, Katsougiannou M, Chicheportiche L, Guetin S., Guerin O, **Gros A.** (2017) Poster P2-08 "Combining ICT-Based Assessment and Non-pharmacologic Stimulation Approaches for the Management of Frail or Cognitively Impaired Elderly Individuals at Home" The Alzheimer's Association International Conference® 2017– London, England July 16-20 (annexe 10) .

Article soumis non publié :

1. **Gros A., Manera V, Crispim C, Valérie P, Marin M, Léon C, Maria K, Laurent M, Guetin S, de Stoutz J, Petit P, Dumigny C, König A, Derreumaux A, Robert P, Chung P.C, Bremond F, David R.** SafEE: Safe and Easy Environment for frailty syndrome, a randomized controlled trial. Article soumis dans *Clinical Trials*.

Conclusion générale et perspectives.

L'objectif de cette thèse était de développer et d'évaluer l'intérêt d'outils basés sur les nouvelles technologies dans l'évaluation et la prise en charge des troubles émotionnels que ce soit dans la composante physiologique, comportementale ou cognitive des émotions.

Dans une première étude nous avons souhaité recueillir les recommandations des experts quant à l'utilisation des nouvelles technologies dans le cadre de troubles émotionnels et l'avis des cliniciens quant à leur utilité. Nous avons ainsi mis en évidence que les experts rapportaient un intérêt plus marqué de ces technologies pour les patients présentant des troubles cognitifs légers à modéré ou un syndrome de fragilité. Ils recommandaient plus particulièrement les outils tels que les serious games et la réalité virtuelle. Les symptômes les plus visés étaient l'anxiété, la dépression et l'apathie. Enfin, ils soulignaient l'importance d'un suivi et d'un accompagnement par les professionnels de santé. Le questionnaire soumis aux médecins généralistes et aux internes a quant à lui mis en évidence que seuls 23,5% des médecins généralistes trouvaient utiles les nouvelles technologies pour le dépistage des troubles émotionnels et que seuls 29,4% les trouvaient pertinentes dans la prise en charge. Ce constat peut expliquer en partie la difficulté de généralisation de ces technologies et souligne l'importance de la formation, l'information, et l'implication des médecins généralistes dans l'utilisation des NTICs dans les troubles émotionnels.

Notre deuxième étude avait pour objectif d'élaborer un test informatisé basé sur une tâche d'estimation temporelle durant la visualisation de films émotionnels pour l'évaluation du ressenti et de la régulation des émotions. Nous avons, dans un premier temps, construit un paradigme de test sous une version papier-crayon. Ce paradigme permet de comparer l'estimation temporelle d'une personne donnée dans un état émotionnel neutre par rapport à son estimation temporelle dans un état émotionnel stimulant physiologiquement. Après avoir mis en évidence une corrélation entre les résultats à ce test (Clock'N test) et les paramètres électrophysiologiques (réponse électrodermale phasique), nous avons cherché à mettre en évidence les potentiels facteurs d'influence afin d'établir des normes. Nos résultats ont mis en évidence un effet significatif de l'âge ($F(12,882) = 2.848$; $p = 0.001$) et ont confirmé les données suggérant un changement dans les processus émotionnels au cours de l'avancée en âge (Calder et al., 2003 ; Leppanen et Hietanen 2003 ; Sims et al., 2015 ; Scheibe et al., 2015). Afin de mettre en place des données normatives nous avons ainsi inclus 137 personnes échantillonnées en fonction de l'âge. Notre test se divisant en deux sous-domaines, nous avons commencé par diviser ce dernier en deux phases selon la durée moyenne de passage en surestimation temporelle. Le score 1 a été réalisé par un moyennage de la déformation temporelle après amorçage pour les trois premiers sons. Le score 2 a été réalisé en faisant le moyennage de la différence entre la phase 2 et la phase 1. Nos données normatives ont mis en

évidence la présence de cut offs proche de 0 que ce soit pour le score 1 ($0.67\text{cm}=0.067$ secondes) ou le score 2 ($-0.71\text{cm}=-0.071$ secondes) et ont ainsi renforcé notre hypothèse quant au fait que le ressenti émotionnel doit se caractériser dans le Clock’N test par une sous-estimation temporelle dans la première phase et par une surestimation temporelle dans la deuxième phase. L’informatisation de ce test et l’évaluation de la fidélité entre le test dans sa version informatisée et dans sa version papier-crayon a été la dernière étape de cette étude. Nos résultats n’ont pas mis en évidence de différences significatives entre les deux versions (score 1 ($t=0.346$; $p=0.730$) ; score 2 ($t=-1.549$; $p=0.126$)) que ce soit pour la totalité des participants ou plus spécifiquement pour les personnes âgées. Conformément aux données de la littérature, nous avons également démontré une très bonne acceptabilité de la version informatisée (Chang et al., 2014 ; Kleinman et al., 2001 ; Greenwood, 2006 ; Millsopp et al., 2006).

Notre troisième étude a permis de développer une immersion sensori-virtuelle permettant la prise en charge des troubles du ressenti et de la régulation des émotions chez les patients primo-consultants au Centre Mémoire Ressources et Recherche de Nice avec ou sans troubles cognitifs. L’ensemble des résultats a mis en évidence une baisse significative de la composante physiologique des émotions via la mesure électrodermale et une amélioration du ressenti émotionnel exprimé après l’immersion. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature montrant une efficacité de la réalité virtuelle pour la prise en charge des troubles émotionnels (Bruce et Regenbrecht, 2009; Taffou et al., 2012; Pair et al., 2006; Yeh et al., 2009). Les premiers résultats en EEG ont également conforté notre hypothèse quant à une prise en charge de la composante cognitive des émotions par stimulation inconsciente de l’activité cérébrale préfrontale. Nous n’avons pas retrouvé de différences significatives entre les patients avec et sans troubles cognitifs légers que ce soit dans la baisse de la composante physiologique des émotions ou les techniques de régulation émotionnelle utilisées. Ce constat s’accorde avec les études ayant montré une préservation de la réactivité émotionnelle (Feinstein et al., 2010; Guzmán-Vélez et al. 2014) et de la régulation des émotions (Zhang et al., 2015) dans la maladie d’Alzheimer. Dans un second temps, nous avons souhaité vérifier si cette immersion pouvait générer une amélioration des capacités langagières et mnésiques. Nos résultats ont mis en évidence une amélioration de la fluence et de la fluidité du langage après immersion chez les patients atteints de la maladie d’Alzheimer au stade léger à modéré mais aucun effet sur les performances mnésiques auditivo-verbales n’a été retrouvé ($p= 0,182$). Ces résultats renforcent l’interrelation soulignée par Gyurak et son équipe (2009) entre les capacités de régulation des émotions et la fluidité verbale. Enfin, nous avons comparé l’effet de cette immersion sensori-virtuelle avec une technique de musicothérapie réceptive validée

(Guétin et al., 2009). Nous avons ainsi mis en évidence que la musicothérapie utilisée permettait uniquement une amélioration du ressenti émotionnel exprimé par les patients (PANAS) alors que l'immersion sensori-virtuelle permettait à la fois une réduction de la réponse électrodermale, une amélioration du ressenti émotionnel exprimé et une amélioration des fluences sémantiques.

Notre dernière étude avait pour objectif principal de développer une plateforme basée sur les nouvelles technologies et permettant d'évaluer et de prendre en charge les troubles émotionnels au niveau de la composante comportementale. Pour ce faire nous avons développé des solutions non pharmacologiques pour la prise en charge basées sur l'aromathérapie, la musicothérapie et les serious games. Nous avons en parallèle élaboré deux protocoles de recherche à domicile chez les patients présentant un syndrome de fragilité et en EHPAD chez les patients atteints de maladie d'Alzheimer au stade modéré. Ces expérimentations avaient pour objectif à la fois d'évaluer l'acceptabilité par les patients des capteurs RGB-D et des solutions mais aussi de développer de nouveaux modèles d'activité et de nouveaux algorithmes de reconnaissance d'activité. En effet, le développement de ces derniers nécessite une base d'image conséquente permettant au clinicien d'identifier les comportements d'intérêt mesurables par les capteurs et de les annoter afin d'améliorer au fil du temps la précision des algorithmes. Les principaux constats réalisés à la fin du projet quant aux solutions non-pharmacologiques développées portaient sur la nécessité de développer des objets connectés les plus robustes possibles, qui nécessitaient le moins de manipulation par les patients ou le personnel soignant et dont le fonctionnement était au maximum automatisé, diversifié et mobile. En comparant les composants clés de ces différentes interventions par rapport à ceux retrouvés majoritairement dans la littérature, nous avons mis en évidence le manque de certains éléments en musicothérapie et dans les serious games. En effet il aurait été intéressant d'ajouter une mélodie connue aux séquences musicales utilisées et des modules d'entraînements ciblés sur les techniques de régulation des émotions et sur la méditation dans les serious games. Au niveau de l'acceptabilité, les capteurs RGB-D ont été bien acceptés aux différents temps de l'expérience et permettaient de rassurer les patients à domicile. Néanmoins certains patients ont signalé le fait qu'ils avaient modifié leurs habitudes de vie en rendant leurs gestes moins naturels ce qui a pu influencer sur les comportements reconnus par les capteurs (à type de gestes répétés ou parasites) durant le suivi. Ce type d'activité a en revanche diminué à la fin de l'expérimentation ce qui semble mettre en évidence un effet d'habituation. A domicile, la solution non-pharmacologique la plus acceptée par la patiente a été la musicothérapie et la solution la moins acceptée l'aromathérapie. Le fait que les patients âgés présentent souvent une hyposmie doit être pris en compte pour renforcer l'explication de

l'effet de l'aromathérapie malgré les troubles olfactifs possibles. Nous avons également souhaité obtenir de premières données sur l'efficacité des solutions non-pharmacologiques sur l'amélioration des évaluations neuropsychologiques et neuropsychiatriques. Nous avons ainsi relevé, que ce soit à domicile ou en EHPAD, une amélioration du contrôle comportemental (Go/NoGo) en lien avec les capacités de régulation des émotions.

Un des objectifs majeurs de cette étude était également de développer de nouveaux algorithmes de reconnaissance d'activité pour la détection des troubles émotionnels. Pour cela nous avons développé différents vocabulaires ontologiques nous permettant de classifier les événements que nous avons jugés d'intérêt par la visualisation des scènes enregistrées par les capteurs RGB-D. Les symptômes visés étaient l'agitation, l'apathie, l'anxiété, et les troubles du sommeil. Ce travail est toujours en cours mais les performances ont déjà pu être significativement améliorées notamment dans le cadre des troubles du sommeil en passant d'un score de performance de lever et de coucher de 0.33 à 0.68 et de 0.45 à 0.71 entre la première méthode utilisée et la dernière utilisée. Pour les symptômes propres à l'agitation, l'apathie et l'anxiété, les comportements recherchés étaient « gestes répétés », « gestes parasites », « gestes avec buts », « revenir sur ses pas », « interactions sociales », « locomotion » et « position ». Cette détection automatique d'activité a permis ainsi de mettre en évidence une réduction des allers-retours sans buts et une augmentation des gestes avec buts chez la patiente à domicile.

L'automatisation de l'activation des solutions non-pharmacologiques en réponse aux activités détectées nécessite néanmoins une amélioration des performances actuelles et une détection d'autres activités complémentaires permettant de mieux identifier les symptômes. En effet, en comparant les activités recherchées au sein des échelles cliniques majoritairement utilisées, les capteurs RGB-D ne permettent de mettre en évidence que certains des comportements composant ces symptômes. De même, au niveau des troubles du sommeil, il paraît davantage pertinent de se servir des capteurs RGB-D pour une mesure complémentaire de certains dispositifs technologiques déjà utilisés.

En conclusion, à travers cette thèse, nous avons créé et évalué différents outils de diagnostic et de prise en charge des troubles émotionnels que ce soit dans la composante physiologique, cognitive ou comportementale. L'ensemble de ces études a donné naissance à de nouveaux travaux au sein de notre équipe de recherche qui permettront de confirmer l'intérêt de ces outils dans différentes pathologies. Notre objectif est qu'ils permettent de mieux rendre compte de l'évolution des fonctionnements émotionnels et de leurs troubles et améliorent leur prise en charge au long terme.

Perspectives de recherche :

A court et à moyen terme nos perspectives de recherche, dans l'ensemble des études menées, sont de confirmer les résultats quant à l'efficacité des outils développés et de les évaluer dans le cadre de différentes pathologies interférant sur le fonctionnement émotionnel.

Plus précisément, dans l'étude 2 (Clock'N test), notre perspective de recherche à court terme est d'évaluer l'intérêt de ce test pour le diagnostic de l'apathie dans le domaine émotionnel chez les patients présentant une maladie d'Alzheimer. Nous souhaitons corrélérer nos résultats aux données recueillies par une échelle utilisée en clinique et comparer leur précision. Cette perspective de recherche a donné lieu à la mise en place d'un protocole de recherche au Centre Mémoire Ressources et Recherche évaluant l'apport d'un serious game mesurant l'apathie dans ses trois domaines.

A moyen terme, notre objectif est d'étudier l'intérêt de ce test dans des pathologies psychiatriques connues pour générer des défauts de régulation émotionnelle, telles que les troubles bipolaires, et de corrélérer les résultats à de l'imagerie fonctionnelle. Nous souhaiterions qu'à long terme ce test permette de clarifier et de spécifier certains symptômes proches dans leur représentation comportementale émotionnelle mais qui ne semblent pas reposer sur les mêmes mécanismes sous-jacents.

Dans l'étude 3 (immersion sensori-virtuelle), notre perspective de recherche à court terme est de confirmer les premiers résultats recueillis au niveau du traitement EEG qui supportent l'hypothèse d'une activation inconsciente des régions cérébrales impliquées dans la régulation des émotions. A cet effet nous poursuivons les inclusions dans cette étude avec une mesure EEG associée de manière systématique.

Une autre perspective à court terme est de vérifier si l'immersion que nous avons développée pourrait permettre, de par l'hyperactivation frontale parallèle à l'hyperactivité limbique générée, la prise en charge d'une dysconnexion fronto-limbique. Il a été démontré qu'une dysconnexion de ce type, entre le cortex préfrontal et l'amygdale, peut être provoquée à la suite d'un traumatisme émotionnel vécu dans l'enfance (Thomason et al., 2015). Pour cette raison nous testons actuellement l'intérêt de cette immersion sensori-virtuelle dans un protocole de recherche portant sur la prise en charge des états de stress post-traumatiques après les attentats du 14 juillet à Nice chez les enfants âgés de 6 à 12 ans.

A moyen terme notre perspective de recherche est de tester l'efficacité de cette immersion dans la prise en charge de la dépression, que ce soit chez l'adulte ou l'enfant, pour laquelle il a été mis en évidence une baisse d'activité du cortex préfrontal (Davidson et Slagter, 2000).

Toujours à moyen terme, nous aimerions développer cette immersion sous un dispositif portable, de type casque de réalité virtuelle, et évaluer son efficacité sous un tel support. En effet cela permettrait de réaliser davantage de séances et d'évaluer l'efficacité à long terme

d'un tel dispositif. Nous souhaiterions notamment proposer ce dispositif avant des séances de rééducation orthophonique, étant donné l'impact sur la fluence et la fluidité verbale, afin de vérifier si ce dernier permet une majoration de l'effet bénéfique de la rééducation.

Dans l'étude 4 (plateforme d'évaluation et de prise en charge des troubles émotionnels comportementaux), nos perspectives de recherche à court terme sont d'améliorer la performance des algorithmes d'activités et de les enrichir notamment afin de permettre la détection des postures et des gestes fins. Nous aimerions également, via le deep learning, nous affranchir de l'apprentissage supervisé par le clinicien (annotation des événements) afin d'isoler des événements récurrents. En effet, nous pouvons supposer que certains comportements non référencés cliniquement sont des marqueurs comportementaux non connus de la maladie d'Alzheimer. Une telle analyse pourrait ainsi permettre d'identifier de nouveaux marqueurs comportementaux de la maladie d'Alzheimer (par la reconnaissance automatique de l'évènement puis la définition de ce dernier par le clinicien).

L'objectif à court terme, une fois les activités d'intérêt enrichies et reconnues de manière plus fiable, est également de finaliser cette plateforme en la rendant totalement automatisée.

Nos perspectives de recherche à moyen terme sont de corrélérer les scores aux échelles neuropsychiatriques et les données issues des capteurs RGB-D durant une seconde étude d'efficacité.

Nos perspectives de recherche à plus long terme sont de pouvoir mettre en place une plateforme associant la détection des troubles émotionnels et la prise en charge de ces troubles au domicile des patients fragiles tout en permettant un suivi direct et continu par les aidants et les soignants. Nous avons pour objectif de vérifier l'efficacité d'une telle plateforme sur la prévention de la maladie d'Alzheimer en agissant sur le syndrome de fragilité cognitive en rendant les patients plus robustes.

D'une manière plus générale, et parce que, comme nous l'avons mis en évidence tout au long de la partie théorique, les différentes composantes émotionnelles sont interreliées entre elles, notre perspective de recherche à long terme est de développer un outil technologique permettant l'évaluation et la prise en charge de l'ensemble de ces composantes.

Bibliographie

Bibliographie :

- AARSLAND, Dag, MARSH, Laura et SCHRAG, Anette, 2009. Neuropsychiatric symptoms in Parkinson's disease. In : *Movement Disorders*. 15 novembre 2009. Vol. 24, n° 15, p. 2175-2186. DOI 10.1002/mds.22589.
- ABLER, Birgit, ERK, Susanne, HERWIG, Uwe et WALTER, Henrik, 2007. Anticipation of aversive stimuli activates extended amygdala in unipolar depression. In : *Journal of Psychiatric Research*. septembre 2007. Vol. 41, n° 6, p. 511-522. DOI 10.1016/j.jpsychires.2006.07.020.
- ALBANI, Giovanni, PEDROLI, Elisa, CIPRESSO, Pietro, BULLA, Daniel, CIMOLIN, Veronica, THOMAS, Astrid, MAURO, Alessandro et RIVA, Giuseppe, 2015. Visual Hallucinations as Incidental Negative Effects of Virtual Reality on Parkinson's Disease Patients: A Link with Neurodegeneration? In : *Parkinson's Disease*. 2015. Vol. 2015, p. 1-6. DOI 10.1155/2015/194629.
- AMTING, J. M., GREENING, S. G. et MITCHELL, D. G. V., 2010. Multiple Mechanisms of Consciousness: The Neural Correlates of Emotional Awareness. In : *Journal of Neuroscience*. 28 juillet 2010. Vol. 30, n° 30, p. 10039-10047. DOI 10.1523/JNEUROSCI.6434-09.2010.
- ANDERSON, Derek, LUKE, Robert H., KELLER, James M., SKUBIC, Marjorie, RANTZ, Marilyn et AUD, Myra, 2009. Linguistic summarization of video for fall detection using voxel person and fuzzy logic. In : *Computer Vision and Image Understanding*. janvier 2009. Vol. 113, n° 1, p. 80-89. DOI 10.1016/j.cviu.2008.07.006.
- ANDERSON, Neil, 2003. Applicant and Recruiter Reactions to New Technology in Selection: A Critical Review and Agenda for Future Research. In : *International Journal of Selection and Assessment*. juin 2003. Vol. 11, n° 2-3, p. 121-136. DOI 10.1111/1468-2389.00235.
- ANGRILLI, Alessandro, CHERUBINI, Paolo, PAVESE, Antonella et MANFREDINI, Sara, 1997. The influence of affective factors on time perception. In : *Perception & Psychophysics*. janvier 1997. Vol. 59, n° 6, p. 972-982. DOI 10.3758/BF03205512.
- ANGUERA, J. A., BOCCANFUSO, J., RINTOUL, J. L., AL-HASHIMI, O., FARAJI, F., JANOWICH, J., KONG, E., LARRABURO, Y., ROLLE, C., JOHNSTON, E. et GAZZALEY, A., 2013. Video game training enhances cognitive control in older adults. In : *Nature*. 4 septembre 2013. Vol. 501, n° 7465, p. 97-101. DOI 10.1038/nature12486.
- ANNAIM, Ali, LASSITER, Mia, VIERA, Anthony J. et FERRIS, Maria, 2015. Interactive media for parental education on managing children chronic condition: a systematic review of the literature. In : *BMC pediatrics*. 3 décembre 2015. Vol. 15, p. 201. DOI 10.1186/s12887-015-0517-2.
- ANON., 1981. Pharmacotherapy of anxiety and depression. In : *Psychopharmacology Bulletin*. juillet 1981. Vol. 17, n° 3, p. 91-103.
- ANON., 1984. A new rating scale for Alzheimer's disease. In : *American Journal of Psychiatry*. novembre 1984. Vol. 141, n° 11, p. 1356-1364. DOI 10.1176/ajp.141.11.1356.
- APOSTOLOVA, Liana G. et CUMMINGS, Jeffrey L., 2007. Neuropsychiatric Manifestations in Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review of the Literature. In : *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 14 décembre 2007. Vol. 25, n° 2, p. 115-126. DOI 10.1159/000112509.
- ARBUS, C., HERGUETA, T., DUBURCQ, A., SALEH, A., LE GUERN, M.-E., ROBERT, P. et CAMUS, V., 2014. Adjustment disorder with anxiety in old age: comparing prevalence and clinical management in primary care and mental health care. In : *European Psychiatry: The Journal of the Association of European Psychiatrists*. mai 2014. Vol. 29, n° 4, p. 233-238. DOI 10.1016/j.eurpsy.2013.04.002.

- ARCH, Joanna J. et CRASKE, Michelle G., 2006. Mechanisms of mindfulness: Emotion regulation following a focused breathing induction. In : *Behaviour Research and Therapy*. décembre 2006. Vol. 44, n° 12, p. 1849-1858. DOI 10.1016/j.brat.2005.12.007.
- ARESTI-BARTOLOME, Nuria et GARCIA-ZAPIRAIN, Begonya, 2014. Technologies as Support Tools for Persons with Autistic Spectrum Disorder: A Systematic Review. In : *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 4 août 2014. Vol. 11, n° 8, p. 7767-7802. DOI 10.3390/ijerph110807767.
- ARIATTI, Alessandra, BENUZZI, Francesca et NICHELLI, Paolo, 2008. Recognition of emotions from visual and prosodic cues in Parkinson's disease. In : *Neurological Sciences*. septembre 2008. Vol. 29, n° 4, p. 219-227. DOI 10.1007/s10072-008-0971-9.
- ARNOLD, Hayley S., CONTURE, Edward G., KEY, Alexandra P.F. et WALDEN, Tedra, 2011. Emotional reactivity, regulation and childhood stuttering: A behavioral and electrophysiological study. In : *Journal of Communication Disorders*. mai 2011. Vol. 44, n° 3, p. 276-293. DOI 10.1016/j.jcomdis.2010.12.003.
- ASAHINA, Masato, SUZUKI, Atsuya, MORI, Masahiro, KANESAKA, Toshihide et HATTORI, Takamichi, 2003. Emotional sweating response in a patient with bilateral amygdala damage. In : *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*. janvier 2003. Vol. 47, n° 1, p. 87-93.
- ATKINSON, Anthony P, DITTRICH, Winand H, GEMMELL, Andrew J et YOUNG, Andrew W, 2004. Emotion Perception from Dynamic and Static Body Expressions in Point-Light and Full-Light Displays. In : *Perception*. juin 2004. Vol. 33, n° 6, p. 717-746. DOI 10.1068/p5096.
- ATKINSON, Anthony P., TUNSTALL, Mary L. et DITTRICH, Winand H., 2007. Evidence for distinct contributions of form and motion information to the recognition of emotions from body gestures. In : *Cognition*. juillet 2007. Vol. 104, n° 1, p. 59-72. DOI 10.1016/j.cognition.2006.05.005.
- AUBERT, Benoit A et HAMEL, Geneviève, 2001. Adoption of smart cards in the medical sector: In : *Social Science & Medicine*. octobre 2001. Vol. 53, n° 7, p. 879-894. DOI 10.1016/S0277-9536(00)00388-9.
- AUBRY, Candy et PALACIO-ESPASA, Francisco, 2003. Le mutisme sélectif: étude de 30 cas. In : *La psychiatrie de l'enfant*. 2003. Vol. 46, n° 1, p. 175. DOI 10.3917/psy.461.0175.
- AUVINET, Edouard, MULTON, Franck, SAINT-ARNAUD, Alain, ROUSSEAU, Jacqueline et MEUNIER, Jean, 2011. Fall Detection With Multiple Cameras: An Occlusion-Resistant Method Based on 3-D Silhouette Vertical Distribution. In : *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. mars 2011. Vol. 15, n° 2, p. 290-300. DOI 10.1109/TITB.2010.2087385.
- BACKUS, Joyce E.B. et LACROIX, Eve-Marie, 2005. The National Library of Medicine Reaches Out to Consumers. In : LEWIS, Deborah, EYSENBACH, Gunther, KUKAFKA, Rita, STAVRI, P. Zoë et JIMISON, Holly B. (éd.), *Consumer Health Informatics* [en ligne]. New York : Springer-Verlag. p. 188-198. [Consulté le 2 juillet 2017]. ISBN 978-0-387-23991-0. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/0-387-27652-1_15.
- BADASH, Ido, BURTT, Karen, SOLORZANO, Carlos A. et CAREY, Joseph N., 2016. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. In : *Annals of Translational Medicine*. décembre 2016. Vol. 4, n° 23, p. 453-453. DOI 10.21037/atm.2016.12.24.
- BADCOCK, Nicholas A., MOUSIKOU, Petroula, MAHAJAN, Yatin, DE LISSA, Peter, THIE, Johnson et MCARTHUR, Genevieve, 2013. Validation of the Emotiv EPOC(®) EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. In : *PeerJ*. 2013. Vol. 1, p. e38. DOI 10.7717/peerj.38.
- BAER, Ruth A., SMITH, Gregory T. et ALLEN, Kristin B., 2004. Assessment of Mindfulness by Self-Report: The Kentucky Inventory of Mindfulness Skills. In : *Assessment*. septembre 2004. Vol. 11, n° 3, p. 191-206. DOI 10.1177/1073191104268029.
- BALLARD, Clive, HANNEY, Maria Luisa, THEODOULOU, Megan, DOUGLAS, Simon, MCSHANE, Rupert, KOSSAKOWSKI, Katja, GILL, Randeep, JUSZCZAK, Edmund, YU, Ly-Mee, JACOBY, Robin et DART-AD INVESTIGATORS, 2009. The dementia antipsychotic withdrawal trial (DART-AD): long-term

follow-up of a randomised placebo-controlled trial. In : *The Lancet. Neurology*. février 2009. Vol. 8, n° 2, p. 151-157. DOI 10.1016/S1474-4422(08)70295-3.

BAYLAN, Satu, SWANN-PRICE, Rhiannon, PERYER, Guy and QUINN, Terry, 2016. The effects of music listening interventions on cognition and mood post-stroke: a systematic review. *Expert Review of Neurotherapeutics*. November 2016. Vol. 16, no. 11, p. 1241-1249. DOI 10.1080/14737175.2016.1227241.

BARAK, Azy, 1999. Psychological applications on the internet: A discipline on the threshold of a new millennium. In : *Applied and Preventive Psychology*. septembre 1999. Vol. 8, n° 4, p. 231-245. DOI 10.1016/S0962-1849(05)80038-1.

BARGH, John A., MCKENNA, Katelyn Y. A. et FITZSIMONS, Grainne M., 2002. Can You See the Real Me? Activation and Expression of the « True Self » on the Internet. In : *Journal of Social Issues*. janvier 2002. Vol. 58, n° 1, p. 33-48. DOI 10.1111/1540-4560.00247.

BAR-HAIM, Yair, 2010. Research Review: attention bias modification (ABM): a novel treatment for anxiety disorders: Research Review: Attention bias modification (ABM). In : *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 6 mai 2010. Vol. 51, n° 8, p. 859-870. DOI 10.1111/j.1469-7610.2010.02251.x.

BARNES, Deborah E., YAFFE, Kristine, BELFOR, Nataliya, JAGUST, William J., DECARLI, Charles, REED, Bruce R. et KRAMER, Joel H., 2009. Computer-based Cognitive Training for Mild Cognitive Impairment: Results from a Pilot Randomized, Controlled Trial. In : *Alzheimer Disease & Associated Disorders*. juillet 2009. Vol. 23, n° 3, p. 205-210. DOI 10.1097/WAD.0b013e31819c6137.

BARON, Naomi S., 2004. See you Online: Gender Issues in College Student Use of Instant Messaging. In : *Journal of Language and Social Psychology*. décembre 2004. Vol. 23, n° 4, p. 397-423. DOI 10.1177/0261927X04269585.

BAYLEY, Julie E. et BROWN, Katherine E., 2015. Translating group programmes into online formats: establishing the acceptability of a parents' sex and relationships communication serious game. In : *BMC public health*. 9 décembre 2015. Vol. 15, p. 1225. DOI 10.1186/s12889-015-2545-0.

BEARDEN, C. E., HOFFMAN, K. M. et CANNON, T. D., 2001. The neuropsychology and neuroanatomy of bipolar affective disorder: a critical review. In : *Bipolar Disorders*. juin 2001. Vol. 3, n° 3, p. 106-150-153.

BEAUCHAMP, Michael S., LEE, Kathryn E., HAXBY, James V. et MARTIN, Alex, 2003. fMRI Responses to Video and Point-Light Displays of Moving Humans and Manipulable Objects. In : *Journal of Cognitive Neuroscience*. octobre 2003. Vol. 15, n° 7, p. 991-1001. DOI 10.1162/089892903770007380.

BEAUCHAMP, Michael S. et MARTIN, Alex, 2007. Grounding object concepts in perception and action: evidence from fMRI studies of tools. In : *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*. avril 2007. Vol. 43, n° 3, p. 461-468.

BEAUREGARD, M., LÉVESQUE, J. et BOURGOUIN, P., 2001. Neural correlates of conscious self-regulation of emotion. In : *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*. 15 septembre 2001. Vol. 21, n° 18, p. RC165.

BECH, P., BOLWIG, T. G., KRAMP, P. et RAFAELSEN, O. J., 1979. The Bech-Rafaelsen Mania Scale and the Hamilton Depression Scale. In : *Acta Psychiatrica Scandinavica*. avril 1979. Vol. 59, n° 4, p. 420-430.

BECK, A. T., WARD, C. H., MENDELSON, M., MOCK, J. et ERBAUGH, J., 1961. An inventory for measuring depression. In : *Archives of General Psychiatry*. juin 1961. Vol. 4, p. 561-571.

BELYK, Michel et BROWN, Steven, 2014. The Acoustic Correlates of Valence Depend on Emotion Family. In : *Journal of Voice*. juillet 2014. Vol. 28, n° 4, p. 523.e9-523.e18. DOI 10.1016/j.jvoice.2013.12.007.

BEN-MOUSSA, Maher, RUBO, Marius, DEBRACQUE, Coralie et LANGE, Wolf-Gero, 2017. DJINNI: A Novel Technology Supported Exposure Therapy Paradigm for SAD Combining Virtual Reality and Augmented Reality. In : *Frontiers in Psychiatry* [en ligne]. 28 avril 2017. Vol. 8. [Consulté le 8 juillet 2017]. DOI 10.3389/fpsy.2017.00026. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsy.2017.00026/full>.

- BENOIT, M., STACCINI, P., BROCKER, P., BENHAMIDAT, T., BERTOGLIATI, C., LECHOWSKI, L., TORTRAT, D. et ROBERT, P. H., 2003. [Behavioral and psychologic symptoms in Alzheimer's disease: results of the REAL.FR study]. In : *La Revue De Medecine Interne*. octobre 2003. Vol. 24 Suppl 3, p. 319s-324s.
- BEN-SADOUN, G., PETIT, P.-D., COLSON, S.S., KÖNIG, A. et ROBERT, P., 2015. Activité aérobie et environnement enrichi : perspectives pour le patient Alzheimer. In : *Science & Sports*. février 2015. Vol. 30, n° 1, p. 1-12. DOI 10.1016/j.scispo.2014.03.005.
- BEN-SADOUN, Gr?gory, SACCO, Guillaume, MANERA, Valeria, BOURGEOIS, J?r?my, K?NIG, Alexandra, FOULON, Pierre, FOSTY, Baptiste, BREMOND, Fran?ois, D?ARRIPE-LONGUEVILLE, Fabienne et ROBERT, Philippe, 2016. Physical and Cognitive Stimulation Using an Exergame in Subjects with Normal Aging, Mild and Moderate Cognitive Impairment. In : SWERDLOW, Russell (éd.), *Journal of Alzheimer's Disease*. 8 août 2016. Vol. 53, n° 4, p. 1299-1314. DOI 10.3233/JAD-160268.
- BENSAMOUN, David, GROS, Auriane, MANERA, Valeria, KÖNIG, Alexandra, GUÉRIN, Olivier, ROBERT, Philippe et DAVID, Renaud, 2016. Troubles neuropsychiatriques et solutions technologiques. In : *Soins G?rontologie*. septembre 2016. Vol. 21, n° 121, p. 18-20. DOI 10.1016/j.sger.2016.07.005.
- BENVENISTE, S., JOUVELOT, P., PIN, B. et PÉQUIGNOT, R., 2012. The MINWii project: Renarcissization of patients suffering from Alzheimer's disease through video game-based music therapy. In : *Entertainment Computing*. décembre 2012. Vol. 3, n° 4, p. 111-120. DOI 10.1016/j.entcom.2011.12.004.
- BERNARDINI, F., MITTLEMAN, J., RUSHMEIER, H., SILVA, C. et TAUBIN, G., 1999. The ball-pivoting algorithm for surface reconstruction. In : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. octobre 1999. Vol. 5, n° 4, p. 349-359. DOI 10.1109/2945.817351.
- BERTAKIS, K. D., AZARI, R., HELMS, L. J., CALLAHAN, E. J. et ROBBINS, J. A., 2000. Gender differences in the utilization of health care services. In : *The Journal of Family Practice*. février 2000. Vol. 49, n° 2, p. 147-152.
- BIRNBAUM, Michael H. (éd.), 2000. *Psychological experiments on the internet*. San Diego, Calif : Academic Press. ISBN 978-0-12-099980-4. BF76.6.I57 P74 2000
- BLAIR, K.S., SMITH, B.W., MITCHELL, D.G.V., MORTON, J., VYTHILINGAM, M., PESSOA, L., FRIDBERG, D., ZAMETKIN, A., NELSON, E.E., DREVETS, W.C., PINE, D.S., MARTIN, A. et BLAIR, R.J.R., 2007. Modulation of emotion by cognition and cognition by emotion. In : *NeuroImage*. mars 2007. Vol. 35, n° 1, p. 430-440. DOI 10.1016/j.neuroimage.2006.11.048.
- BLOOD, G. W., 1995. A behavioral-cognitive therapy program for adults who stutter: computers and counseling. *Journal of Communication Disorders*. June 1995. Vol. 28, no. 2, p. 165-180. PMID: 7560259
- BLOOM, Lois et CAPATIDES, Joanne Bitetti, 1987. Expression of Affect and the Emergence of Language. In : *Child Development*. décembre 1987. Vol. 58, n° 6, p. 1513. DOI 10.2307/1130691.
- BLUMENTHAL, P., BRITT, T. W., COHEN, J. A., MCCUBBIN, J., MAXFIELD, N., MICHAEL, E. B., MOORE, P., OBLER, L. K., SCHECK, P., SIGNORELLI, T. M. et WALLSTEN, T. S., 2006. Stress effects on bilingual language professionals' performance. In : *International Journal of Bilingualism*. 1 décembre 2006. Vol. 10, n° 4, p. 477-497. DOI 10.1177/13670069060100040501.
- BONNER, M. J., HARDY, K. K., WILLARD, V. W., ANTHONY, K. K., HOOD, M. et GURURANGAN, S., 2008. Social Functioning and Facial Expression Recognition in Survivors of Pediatric Brain Tumors. In : *Journal of Pediatric Psychology*. 4 février 2008. Vol. 33, n° 10, p. 1142-1152. DOI 10.1093/jpepsy/jsn035.
- BOTELLA, Cristina, SERRANO, Berenice, BAÑOS, Rosa et GARCÍA-PALACIOS, Azucena, 2015. Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: a review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability. In : *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. octobre 2015. p. 2533. DOI 10.2147/NDT.S89542.
- BOULAY, Mélodie, BENVENISTE, Samuel, BOESPFLUG, Sandra, JOUVELOT, Pierre et RIGAUD, Anne-Sophie, 2011. A pilot usability study of MINWii, a music therapy game for demented patients. In : *Technology*

and Health Care: Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine. 2011. Vol. 19, n° 4, p. 233-246. DOI 10.3233/THC-2011-0628.

BOURKE, A.K., O'BRIEN, J.V. et LYONS, G.M., 2007. Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm. In : *Gait & Posture*. juillet 2007. Vol. 26, n° 2, p. 194-199. DOI 10.1016/j.gaitpost.2006.09.012.

BOWERS, D., MILLER, K., MIKOS, A., KIRSCH-DARROW, L., SPRINGER, U., FERNANDEZ, H., FOOTE, K. et OKUN, M., 2006. Startling facts about emotion in Parkinson's disease: blunted reactivity to aversive stimuli. In : *Brain*. 9 juin 2006. Vol. 129, n° 12, p. 3356-3365. DOI 10.1093/brain/awl301.

BRADLEY, M. M. et LANG, P. J., 1994. Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. In : *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. mars 1994. Vol. 25, n° 1, p. 49-59.

BRADLEY, Margaret M., CODISPOTI, Maurizio, CUTHBERT, Bruce N. et LANG, Peter J., 2001. Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. In : *Emotion*. 2001. Vol. 1, n° 3, p. 276-298. DOI 10.1037/1528-3542.1.3.276.

BRADLEY, Margaret M., COSTA, Vincent D. et LANG, Peter J., 2015. Selective looking at natural scenes: Hedonic content and gender. In : *International Journal of Psychophysiology*. octobre 2015. Vol. 98, n° 1, p. 54-58. DOI 10.1016/j.ijpsycho.2015.06.008.

BRAVER, Todd S., KRUG, Marie K., CHIEW, Kimberly S., KOOL, Wouter, WESTBROOK, J. Andrew, CLEMENT, Nathan J., ADCOCK, R. Alison, BARCH, Deanna M., BOTVINICK, Matthew M., CARVER, Charles S., COOLS, Roshan, CUSTERS, Ruud, DICKINSON, Anthony, DWECK, Carol S., FISHBACH, Ayelet, GOLLWITZER, Peter M., HESS, Thomas M., ISAACOWITZ, Derek M., MATHER, Mara, MURAYAMA, Kou, PESSOA, Luiz, SAMANEZ-LARKIN, Gregory R., SOMERVILLE, Leah H. et MOMCAI GROUP, 2014. Mechanisms of motivation-cognition interaction: challenges and opportunities. In : *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*. juin 2014. Vol. 14, n° 2, p. 443-472. DOI 10.3758/s13415-014-0300-0.

BRONNICK, Kolbjorn, EMRE, Murat, TEKIN, Sibel, HAUGEN, Siri B. et AARSLAND, Dag, 2011. Cognitive correlates of visual hallucinations in dementia associated with Parkinson's disease. In : *Movement Disorders*. avril 2011. Vol. 26, n° 5, p. 824-829. DOI 10.1002/mds.23525.

BROSCH, Tobias, POURTOIS, Gilles, SANDER, David et VUILLEUMIER, Patrik, 2011. Additive effects of emotional, endogenous, and exogenous attention: Behavioral and electrophysiological evidence. In : *Neuropsychologia*. juin 2011. Vol. 49, n° 7, p. 1779-1787. DOI 10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.056.

BRUCE, M. et REGENBRECHT, H., 2009. A virtual reality claustrophobia therapy system - implementation and test. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. mars 2009. p. 179-182. [Consulté le 3 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/4811020/>.

BRUEN, P. D., MCGEOWN, W. J., SHANKS, M. F. et VENNERI, A., 2008. Neuroanatomical correlates of neuropsychiatric symptoms in Alzheimer's disease. In : *Brain*. 21 août 2008. Vol. 131, n° 9, p. 2455-2463. DOI 10.1093/brain/awn151.

BUCHANAN, Tony W., LAURES-GORE, Jacqueline S. et DUFF, Melissa C., 2014. Acute stress reduces speech fluency. In : *Biological Psychology*. mars 2014. Vol. 97, p. 60-66. DOI 10.1016/j.biopsycho.2014.02.005.

BUHUSI, Catalin V. et MECK, Warren H., 2005. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. In : *Nature Reviews Neuroscience*. octobre 2005. Vol. 6, n° 10, p. 755-765. DOI 10.1038/nrn1764.

BURLE, B. et CASINI, L., 2001. Dissociation between activation and attention effects in time estimation: implications for internal clock models. In : *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*. février 2001. Vol. 27, n° 1, p. 195-205.

BUTTERFIELD, London C., CIMINO, Cynthia R., OELKE, Lynn E., HAUSER, Robert A. et SANCHEZ-RAMOS, Juan, 2010. The independent influence of apathy and depression on cognitive functioning in Parkinson's disease. In : *Neuropsychology*. 2010. Vol. 24, n° 6, p. 721-730. DOI 10.1037/a0019650.

BUURMAN, Mirella Bouwina Rebecca et LAGRO-JANSSEN, Antoinette Leonarda Maria, 2013. Women's perception of postpartum pelvic floor dysfunction and their help-seeking behaviour: a qualitative interview study: *Perception of postpartum pelvic floor dysfunction and help-seeking behaviour*. In : *Scandinavian Journal of Caring Sciences*. juin 2013. Vol. 27, n° 2, p. 406-413. DOI 10.1111/j.1471-6712.2012.01044.x.

CABELLO, Roxana (éd.), 2009. *Ciberjuegos: escritos sobre usos y representaciones de los juegos en red*. 1. ed. Buenos Aires : Imago Mundi. Comunicación, artes y cultura. ISBN 978-950-793-093-5.

CAEIRO, L., FERRO, J. M. et FIGUEIRA, M. L., 2012. Apathy in acute stroke patients: Apathy in acute stroke. In : *European Journal of Neurology*. février 2012. Vol. 19, n° 2, p. 291-297. DOI 10.1111/j.1468-1331.2011.03508.x.

CALDER, Andrew J., KEANE, Jill, MANLY, Tom, SPRENGELMEYER, Reiner, SCOTT, Sophie, NIMMO-SMITH, Ian et YOUNG, Andrew W., 2003. Facial expression recognition across the adult life span. In : *Neuropsychologia*. 2003. Vol. 41, n° 2, p. 195-202.

CANNON, W. B., 1987. The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. By Walter B. Cannon, 1927. In : *The American Journal of Psychology*. Fall-Winter 1987. Vol. 100, n° 3-4, p. 567-586.

CAO, Zhijun, ZHAO, Yanbing, TAN, Tengting, CHEN, Gang, NING, Xueling, ZHAN, Lexia et YANG, Jiongiong, 2014. Distinct brain activity in processing negative pictures of animals and objects — The role of human contexts. In : *NeuroImage*. janvier 2014. Vol. 84, p. 901-910. DOI 10.1016/j.neuroimage.2013.09.064.

CARADEC, Vincent, 2001. « Personnes âgées » et « objets technologiques »: Une perspective en termes de logiques d'usage. In : *Revue Française de Sociologie*. janvier 2001. Vol. 42, n° 1, p. 117. DOI 10.2307/3322806.

CARLBRING, Per, EKSELIUS, Lisa et ANDERSSON, Gerhard, 2003. Treatment of panic disorder via the Internet: a randomized trial of CBT vs. applied relaxation. In : *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. juin 2003. Vol. 34, n° 2, p. 129-140.

CARRETIÉ, Luis, 2014. Exogenous (automatic) attention to emotional stimuli: a review. In : *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. décembre 2014. Vol. 14, n° 4, p. 1228-1258. DOI 10.3758/s13415-014-0270-2.

CARRETIÉ, Luis, KESSEL, Dominique, CARBONI, Alejandra, LÓPEZ-MARTÍN, Sara, ALBERT, Jacobo, TAPIA, Manuel, MERCADO, Francisco, CAPILLA, Almudena et HINOJOSA, José A., 2013. Exogenous attention to facial vs non-facial emotional visual stimuli. In : *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. octobre 2013. Vol. 8, n° 7, p. 764-773. DOI 10.1093/scan/nss068.

CASELL, Justine et JENKINS, Henry (éd.), 1998. *From Barbie to Mortal Kombat: gender and computer games*. Cambridge, Mass : MIT Press. ISBN 978-0-262-03258-2. GV1469.17.S63 F76 1998

CASTRONOVA, Edward, 2005. *Synthetic worlds: the business and culture of online games* [en ligne]. Chicago : University of Chicago Press. [Consulté le 3 juillet 2017]. ISBN 978-0-226-09631-5. Disponible à l'adresse : <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=432203>.

CHANG, Yu-Jun, CHANG, Chih-Hung, PENG, Chiao-Ling, WU, Hsi-Chin, LIN, Hsueh-Chun, WANG, Jong-Yi, LI, Tsai-Chung, YEH, Yi-Chun et LIANG, Wen-Miin, 2014. Measurement equivalence and feasibility of the EORTC QLQ-PR25: paper-and-pencil versus touch-screen administration. In : *Health and Quality of Life Outcomes*. 2014. Vol. 12, n° 1, p. 23. DOI 10.1186/1477-7525-12-23.

CHARLES, Susan T. et CARSTENSEN, Laura L., 2010. Social and Emotional Aging. In : *Annual Review of Psychology*. janvier 2010. Vol. 61, n° 1, p. 383-409. DOI 10.1146/annurev.psych.093008.100448.

CHARLIER, Nathalie, ZUPANCIC, Nele, FIEUWS, Steffen, DENHAERYNCK, Kris, ZAMAN, Bieke et MOONS, Philip, 2016. Serious games for improving knowledge and self-management in young people with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis. In : *Journal of the American Medical Informatics Association*. janvier 2016. Vol. 23, n° 1, p. 230-239. DOI 10.1093/jamia/ocv100.

- CHAU, Patrick Y.K. et HU, Paul Jen-Hwa, 2002. Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: an empirical test of competing theories. In : *Information & Management*. janvier 2002. Vol. 39, n° 4, p. 297-311. DOI 10.1016/S0378-7206(01)00098-2.
- CHIEN, P. T. et MICHAEL, L. W., 1975. Assay of proteolytic enzyme with a leucine-selective electrode. In : *Analytical Biochemistry*. octobre 1975. Vol. 68, n° 2, p. 626-631.
- CHISMAR, W.G. et WILEY-PATTON, S., 2003. Does the extended technology acceptance model apply to physicians. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. 2003. p. 8 pp. [Consulté le 2 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/1174354/>.
- CHO, Mi-Yeon, MIN, Eun Sil, HUR, Myung-Haeng et LEE, Myeong Soo, 2013. Effects of aromatherapy on the anxiety, vital signs, and sleep quality of percutaneous coronary intervention patients in intensive care units. In : *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*. 2013. Vol. 2013, p. 381381. DOI 10.1155/2013/381381.
- CHOMUTARE, Taridzo, JOHANSEN, Svein-Gunnar, ÅRSAND, Eirik et HARTVIGSEN, Gunnar, 2016. Play and Learn: Developing a Social Game for Children with Diabetes. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2016. Vol. 226, p. 55-58.
- CHOMUTARE, Taridzo, JOHANSEN, Svein-Gunnar, HARTVIGSEN, Gunnar et ÅRSAND, Eirik, 2016. Serious Game Co-Design for Children with Type 1 Diabetes. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2016. Vol. 226, p. 83-86.
- CHRISTENSEN, Tom et GRIMSMO, Anders, 2008. Instant availability of patient records, but diminished availability of patient information: A multi-method study of GP's use of electronic patient records. In : *BMC Medical Informatics and Decision Making* [en ligne]. décembre 2008. Vol. 8, n° 1. [Consulté le 2 juillet 2017]. DOI 10.1186/1472-6947-8-12. Disponible à l'adresse : <http://bmcmidinformedecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6947-8-12>.
- CHRISTIE, Israel C. et FRIEDMAN, Bruce H., 2004. Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach. In : *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*. janvier 2004. Vol. 51, n° 2, p. 143-153.
- CHRONAKI, Ce, KONTOYIANNIS, V, MYTARAS, M, AGGOURAKIS, N, KOSTOMANOLAKIS, S, ROUMELIOTAKI, T, KAVLENTAKIS, G, CHIARUGI, F et TSIKNAKIS, M, 2007. Evaluation of Shared EHR Services in Primary Healthcare Centers and their Rural Community Offices: the Twister Story. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. août 2007. p. 6421-6424. [Consulté le 2 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/4353826/>.
- CHUAH, Siang Chee, DRASGOW, Fritz et ROBERTS, Brent W., 2006. Personality assessment: Does the medium matter? No. In : *Journal of Research in Personality*. août 2006. Vol. 40, n° 4, p. 359-376. DOI 10.1016/j.jrp.2005.01.006.
- CLARKE, Robert et JOHNSTONE, Tom, 2013. Prefrontal inhibition of threat processing reduces working memory interference. In : *Frontiers in Human Neuroscience* [en ligne]. 2013. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnhum.2013.00228. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00228/abstract>.
- CLEMENTE, Miriam, RODRÍGUEZ, Alejandro, REY, Beatriz et ALCANIZ, Mariano, 2013. Measuring presence during the navigation in a virtual environment using EEG. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2013. Vol. 191, p. 136-140.
- CODISPOTI, Maurizio et DE CESAREI, Andrea, 2007. Arousal and attention: Picture size and emotional reactions. In : *Psychophysiology*. septembre 2007. Vol. 44, n° 5, p. 680-686. DOI 10.1111/j.1469-8986.2007.00545.x.
- CODISPOTI, Maurizio, SURCINELLI, Paola et BALDARO, Bruno, 2008. Watching emotional movies: Affective reactions and gender differences. In : *International Journal of Psychophysiology*. août 2008. Vol. 69, n° 2, p. 90-95. DOI 10.1016/j.ijpsycho.2008.03.004.

- COLES, Claire D., KABLE, Julie A., TADDEO, Elles et STRICKLAND, Dorothy C., 2015. A Metacognitive Strategy for Reducing Disruptive Behavior in Children with Fetal Alcohol Spectrum Disorders: GoFAR Pilot. In : *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. novembre 2015. Vol. 39, n° 11, p. 2224-2233. DOI 10.1111/acer.12885.
- COMON, Pierre, 1994. Independent component analysis, A new concept? In : *Signal Processing*. avril 1994. Vol. 36, n° 3, p. 287-314. DOI 10.1016/0165-1684(94)90029-9.
- CONTURE, Edward G., KELLY, Ellen M. et WALDEN, Tedra A., 2013. Temperament, speech and language: An overview. In : *Journal of Communication Disorders*. mars 2013. Vol. 46, n° 2, p. 125-142. DOI 10.1016/j.jcomdis.2012.11.002.
- COOPER, Clare L., PHILLIPS, Louise H., JOHNSTON, Marie, WHYTE, Maggie et MACLEOD, Mary J., 2015. The role of emotion regulation on social participation following stroke. In : *British Journal of Clinical Psychology*. juin 2015. Vol. 54, n° 2, p. 181-199. DOI 10.1111/bjc.12068.
- COOTES, T.F., TAYLOR, C.J., COOPER, D.H. et GRAHAM, J., 1995. Active Shape Models-Their Training and Application. In : *Computer Vision and Image Understanding*. janvier 1995. Vol. 61, n° 1, p. 38-59. DOI 10.1006/cviu.1995.1004.
- COULL, J. T., 2004. Functional Anatomy of the Attentional Modulation of Time Estimation. In : *Science*. 5 mars 2004. Vol. 303, n° 5663, p. 1506-1508. DOI 10.1126/science.1091573.
- COULL, Jennifer T, CHENG, Ruey-Kuang et MECK, Warren H, 2011. Neuroanatomical and Neurochemical Substrates of Timing. In : *Neuropsychopharmacology*. janvier 2011. Vol. 36, n° 1, p. 3-25. DOI 10.1038/npp.2010.113.
- COULSON, Mark, 2004. Attributing Emotion to Static Body Postures: Recognition Accuracy, Confusions, and Viewpoint Dependence. In : *Journal of Nonverbal Behavior*. 2004. Vol. 28, n° 2, p. 117-139. DOI 10.1023/B:JONB.0000023655.25550.be.
- CROWNE, D. P. et MARLOWE, D., 1960. A new scale of social desirability independent of psychopathology. In : *Journal of Consulting Psychology*. août 1960. Vol. 24, p. 349-354.
- DAGNONE, R. Vico, WILSON, Rosemary, GOLDSTEIN, David H., MURDOCH, John, RIMMER, Michael J. et VANDENKERKHOF, Elizabeth G., 2006. How do patients perceive electronic documentation at the bedside? In : *Journal for Healthcare Quality: Official Publication of the National Association for Healthcare Quality*. août 2006. Vol. 28, n° 4, p. 37-44.
- DALGLEISH, Tim et POWER, Mick J. (éd.), 1999. *Handbook of Cognition and Emotion: Dalgleish/Cognition and Emotion* [en ligne]. Chichester, UK : John Wiley & Sons, Ltd. [Consulté le 5 août 2017]. ISBN 978-0-470-01349-6. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1002/0470013494>.
- DAMASIO, Antonio R, 2008. *L'erreur de Descartes: la raison des émotions*. Paris : Odile Jacob. ISBN 978-2-7381-2070-0.
- DARBYSHIRE, Philip, 2004. « Rage against the machine? »: nurses' and midwives' experiences of using Computerized Patient Information Systems for clinical information. In : *Journal of Clinical Nursing*. janvier 2004. Vol. 13, n° 1, p. 17-25. DOI 10.1046/j.1365-2702.2003.00823.x.
- DAVID, R., GROS, A., DEUTSCH, L., KÖNIG, A., GUERIN, O., ROBERT, P. et BENSAMOUN, D., 2016. Place des nouvelles technologies en neuropsychiatrie. In : *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*. décembre 2016. Vol. 16, n° 96, p. 353-357. DOI 10.1016/j.npg.2016.02.005.
- DAVIDSON, Elizabeth et HESLINGA, Dan, 2006. Bridging the IT Adoption Gap for Small Physician Practices: An Action Research Study on Electronic Health Records. In : *Information Systems Management*. 22 décembre 2006. Vol. 24, n° 1, p. 15-28. DOI 10.1080/10580530601036786.
- DE GELDER, Beatrice, 2006. Towards the neurobiology of emotional body language. In : *Nature Reviews Neuroscience*. mars 2006. Vol. 7, n° 3, p. 242-249. DOI 10.1038/nrn1872.

- DENKOVA, Ekaterina, DOLCOS, Sanda et DOLCOS, Florin, 2015. Neural correlates of « distracting » from emotion during autobiographical recollection. In : *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. février 2015. Vol. 10, n° 2, p. 219-230. DOI 10.1093/scan/nsu039.
- DERKS, Daantje, BOS, Arjan E. R. et VON GRUMBKOW, Jasper, 2008. Emoticons in Computer-Mediated Communication: Social Motives and Social Context. In : *CyberPsychology & Behavior*. février 2008. Vol. 11, n° 1, p. 99-101. DOI 10.1089/cpb.2007.9926.
- DESROCHES, Catherine M., CAMPBELL, Eric G., RAO, Sowmya R., DONELAN, Karen, FERRIS, Timothy G., JHA, Ashish, KAUSHAL, Rainu, LEVY, Douglas E., ROSENBAUM, Sara, SHIELDS, Alexandra E. et BLUMENTHAL, David, 2008. Electronic Health Records in Ambulatory Care? A National Survey of Physicians. In : *New England Journal of Medicine*. 3 juillet 2008. Vol. 359, n° 1, p. 50-60. DOI 10.1056/NEJMsa0802005.
- DEVEREUX, Paul G, HEFFNER, Kathi L, DOANE, Michael J, GOSSER, Brenda et NOLAN, Michial, 2016. Identifying attentional deployment tactics in older adults' written narratives about emotionally upsetting events. In : *Journal of Health Psychology*. octobre 2016. Vol. 21, n° 10, p. 2247-2258. DOI 10.1177/1359105315573444.
- DEVIDO, Jeffrey, GLEZER, Anna, BRANAGAN, Linda, LAU, Alvin et BOURGEOIS, James A., 2016. Telepsychiatry for Inpatient Consultations at a Separate Campus of an Academic Medical Center. In : *Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association*. juillet 2016. Vol. 22, n° 7, p. 572-576. DOI 10.1089/tmj.2015.0125.
- DIEKHOF, Esther Kristina, GEIER, Katharina, FALKAI, Peter et GRUBER, Oliver, 2011. Fear is only as deep as the mind allows. In : *NeuroImage*. septembre 2011. Vol. 58, n° 1, p. 275-285. DOI 10.1016/j.neuroimage.2011.05.073.
- DIENER, Ed, LARSEN, Randy J., LEVINE, Steven et EMMONS, Robert A., 1985. Intensity and frequency: Dimensions underlying positive and negative affect. In : *Journal of Personality and Social Psychology*. 1985. Vol. 48, n° 5, p. 1253-1265. DOI 10.1037/0022-3514.48.5.1253.
- DIMBERG, U., 1987. Facial reactions, autonomic activity and experienced emotion: a three component model of emotional conditioning. In : *Biological Psychology*. avril 1987. Vol. 24, n° 2, p. 105-122.
- DONOVAN, Nancy J., WADSWORTH, Lauren P., LORIUS, Natacha, LOCASCIO, Joseph J., RENTZ, Dorene M., JOHNSON, Keith A., SPERLING, Reisa A. et MARSHALL, Gad A., 2014. Regional Cortical Thinning Predicts Worsening Apathy and Hallucinations Across the Alzheimer Disease Spectrum. In : *The American Journal of Geriatric Psychiatry*. novembre 2014. Vol. 22, n° 11, p. 1168-1179. DOI 10.1016/j.jagp.2013.03.006.
- DRESNER, Eli et HERRING, Susan C., 2010. Functions of the Nonverbal in CMC: Emoticons and Illocutionary Force. In : *Communication Theory*. 20 juillet 2010. Vol. 20, n° 3, p. 249-268. DOI 10.1111/j.1468-2885.2010.01362.x.
- DROIT-VOLET, Sylvie, BIGAND, Emmanuel, RAMOS, Danilo et BUENO, José Lino Oliveira, 2010. Time flies with music whatever its emotional valence. In : *Acta Psychologica*. octobre 2010. Vol. 135, n° 2, p. 226-232. DOI 10.1016/j.actpsy.2010.07.003.
- DROIT-VOLET, Sylvie, MECK, Warren H. et PENNEY, Trevor B., 2007. Sensory modality and time perception in children and adults. In : *Behavioural Processes*. février 2007. Vol. 74, n° 2, p. 244-250. DOI 10.1016/j.beproc.2006.09.012.
- DROIT-VOLET, Sylvie, WEARDEN, John et DELGADO-YONGER, Maria, 2007. Short-term memory for time in children and adults: A behavioral study and a model. In : *Journal of Experimental Child Psychology*. août 2007. Vol. 97, n° 4, p. 246-264. DOI 10.1016/j.jecp.2007.02.003.
- DRUMMOND, David, MONNIER, Delphine, TESNIERE, Antoine et HADCHOUËL, Alice, 2017. A systematic review of serious games in asthma education. In : *Pediatric Allergy and Immunology*. mai 2017. Vol. 28, n° 3, p. 257-265. DOI 10.1111/pai.12690.

- DUJARDIN, Kathy, SOCKEEL, Pascal, DELLIAUX, Marie, DESTÉE, Alain et DEFEBVRE, Luc, 2009. Apathy may herald cognitive decline and dementia in Parkinson's disease: Apathy in Parkinson's Disease. In : *Movement Disorders*. 15 décembre 2009. Vol. 24, n° 16, p. 2391-2397. DOI 10.1002/mds.22843.
- DUPAGNE, Dominique, 2011. E-sant? In : *Communications*. 2011. Vol. 88, n° 1, p. 57. DOI 10.3917/commu.088.0057.
- DUSTMAN, R. E., RUHLING, R. O., RUSSELL, E. M., SHEARER, D. E., BONEKAT, H. W., SHIGEOKA, J. W., WOOD, J. S. et BRADFORD, D. C., 1984. Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. In : *Neurobiology of Aging*. 1984. Vol. 5, n° 1, p. 35-42.
- DUY, T., BUI DIRK et NIJHOLT, A., 2004. Combination of facial movements on a 3D talking head. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. 2004. p. 284-291. [Consulté le 6 août 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/1309223/>.
- EGLOFF, Boris, SCHMUKLE, Stefan C., BURNS, Lawrence R. et SCHWERDTFEGGER, Andreas, 2006. Spontaneous emotion regulation during evaluated speaking tasks: Associations with negative affect, anxiety expression, memory, and physiological responding. In : *Emotion*. 2006. Vol. 6, n° 3, p. 356-366. DOI 10.1037/1528-3542.6.3.356.
- EHRING, Thomas, TUSCHEN-CAFFIER, Brunna, SCHNÜLLE, Jewgenija, FISCHER, Silke et GROSS, James J., 2010. Emotion regulation and vulnerability to depression: Spontaneous versus instructed use of emotion suppression and reappraisal. In : *Emotion*. 2010. Vol. 10, n° 4, p. 563-572. DOI 10.1037/a0019010.
- EKMAN, Paul, 1992. An argument for basic emotions. In : *Cognition & Emotion*. 1 mai 1992. Vol. 6, n° 3, p. 169-200. DOI 10.1080/02699939208411068.
- EKMAN, Paul et FRIESEN, Wallace V., 1969. The Repertoire of Nonverbal Behavior: Categories, Origins, Usage, and Coding. In : *Semiotica* [en ligne]. 1 janvier 1969. Vol. 1, n° 1. [Consulté le 3 juillet 2017]. DOI 10.1515/semi.1969.1.1.49. Disponible à l'adresse : <https://www.degruyter.com/view/j/semi.1969.1.issue-1/semi.1969.1.1.49/semi.1969.1.1.49.xml>.
- EKMAN, Paul, FRIESEN, Wallace V. et ELLSWORTH, Phoebe, 1972. *Emotion in the human face: guide-lines for research and an integration of findings*. New York : Pergamon Press. Pergamon general psychology series, PGPS-11. ISBN 978-0-08-016643-8. BF561 .E45 1972
- EL-HILLY, Abdulrahman Abdulla, IQBAL, Sheeraz Syed, AHMED, Maroof, SHERWANI, Yusuf, MUNTASIR, Mohammed, SIDDIQUI, Sarim, AL-FAGIH, Zaid, USMANI, Omar et EISINGERICH, Andreas B., 2016. Game On? Smoking Cessation Through the Gamification of mHealth: A Longitudinal Qualitative Study. In : *JMIR Serious Games*. 24 octobre 2016. Vol. 4, n° 2, p. e18. DOI 10.2196/games.5678.
- ELLIOTT, R., FRISTON, K. J. et DOLAN, R. J., 2000. Dissociable neural responses in human reward systems. In : *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*. 15 août 2000. Vol. 20, n° 16, p. 6159-6165.
- ENSER, M., 1975. Desaturation of stearic acid by liver and adipose tissue from obese-hyperglycaemic mice (ob/ob). In : *The Biochemical Journal*. juin 1975. Vol. 148, n° 3, p. 551-555.
- EPSTEIN, J et KLINKENBERG, W.D, 2001. From Eliza to Internet: a brief history of computerized assessment. In : *Computers in Human Behavior*. mai 2001. Vol. 17, n° 3, p. 295-314. DOI 10.1016/S0747-5632(01)00004-8.
- EYSENBACH, G, 2001. What is e-health? In : *Journal of Medical Internet Research*. 18 juin 2001. Vol. 3, n° 2, p. e20. DOI 10.2196/jmir.3.2.e20.
- EYSENBACH, Gunther, 2008. Medicine 2.0: Social Networking, Collaboration, Participation, Apomediation, and Openness. In : *Journal of Medical Internet Research*. 25 août 2008. Vol. 10, n° 3, p. e22. DOI 10.2196/jmir.1030.

- EYSENCK, Michael W. et CALVO, Manuel G., 1992. Anxiety and Performance: The Processing Efficiency Theory. In : *Cognition & Emotion*. novembre 1992. Vol. 6, n° 6, p. 409-434. DOI 10.1080/02699939208409696.
- EYSENCK, Michael W., DERAKSHAN, Nazanin, SANTOS, Rita et CALVO, Manuel G., 2007. Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. In : *Emotion*. 2007. Vol. 7, n° 2, p. 336-353. DOI 10.1037/1528-3542.7.2.336.
- EZRATI-VINACOUR, Ruth et LEVIN, Iris, 2004. The relationship between anxiety and stuttering: a multidimensional approach. In : *Journal of Fluency Disorders*. janvier 2004. Vol. 29, n° 2, p. 135-148. DOI 10.1016/j.jfludis.2004.02.003.
- FAGUNDO, Ana B., SANTAMARÍA, Juan J., FORCANO, Laura, GINER-BARTOLOMÉ, Cristina, JIMÉNEZ-MURCIA, Susana, SÁNCHEZ, Isabel, GRANERO, Roser, BEN-MOUSSA, Maher, MAGNENAT-THALMANN, Nadia, KONSTANTAS, Dimitri, LAM, Tony, LUCAS, Mikkel, NIELSEN, Jeppe, BULTS, Richard G. A., TARREGA, Salomé, MENCHÓN, José M., DE LA TORRE, Rafael, CARDÍ, Valentina, TREASURE, Janet et FERNÁNDEZ-ARANDA, Fernando, 2013. Video Game Therapy for Emotional Regulation and Impulsivity Control in a Series of Treated Cases with Bulimia Nervosa: Video Game Therapy in Bulimia Nervosa. In : *European Eating Disorders Review*. novembre 2013. Vol. 21, n° 6, p. 493-499. DOI 10.1002/erv.2259.
- FALK, M. C. et MCCORMICK, D. B., 1976. Synthetic flavinyl peptides related to the active site of mitochondrial monoamine oxidase II. Fluorescence properties. In : *Biochemistry*. 10 février 1976. Vol. 15, n° 3, p. 646-653.
- FANG, Rong, YE, Shengxuan, HUANGFU, Jiangtao et CALIMAG, David P., 2017. Music therapy is a potential intervention for cognition of Alzheimer's Disease: a mini-review. In : *Translational Neurodegeneration* [en ligne]. décembre 2017. Vol. 6, n° 1. [Consulté le 8 août 2017]. DOI 10.1186/s40035-017-0073-9. Disponible à l'adresse : <http://translationalneurodegeneration.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40035-017-0073-9>.
- FEINSTEIN, Justin S., DUFF, Melissa C. et TRANEL, Daniel, 2010. Sustained experience of emotion after loss of memory in patients with amnesia. In : *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 27 avril 2010. Vol. 107, n° 17, p. 7674-7679. DOI 10.1073/pnas.0914054107.
- FERNÁNDEZ, Cristina, PASCUAL, Juan C., SOLER, Joaquim, ELICES, Matilde, PORTELLA, Maria J. et FERNÁNDEZ-ABASCAL, Enrique, 2012. Physiological Responses Induced by Emotion-Eliciting Films. In : *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. juin 2012. Vol. 37, n° 2, p. 73-79. DOI 10.1007/s10484-012-9180-7.
- FERNANDEZ-ARANDA, Fernando, JIMENEZ-MURCIA, Susana, SANTAMARÍA, Juan J., GINER-BARTOLOMÉ, Cristina, MESTRE-BACH, Gemma, GRANERO, Roser, SÁNCHEZ, Isabel, AGÜERA, Zaida, MOUSSA, Maher H., MAGNENAT-THALMANN, Nadia, KONSTANTAS, Dimitri, LAM, Tony, LUCAS, Mikkel, NIELSEN, Jeppe, LEMS, Peter, TARREGA, Salomé et MENCHÓN, José Manuel, 2015. The Use of Videogames as Complementary Therapeutic Tool for Cognitive Behavioral Therapy in Bulimia Nervosa Patients. In : *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. décembre 2015. Vol. 18, n° 12, p. 744-751. DOI 10.1089/cyber.2015.0265.
- FERNÁNDEZ-CALVO, Bernardino, RODRÍGUEZ-PÉREZ, Roberto, CONTADOR, Israel, RUBIO-SANTORUM, Alicia et RAMOS, Francisco, 2011. [Efficacy of cognitive training programs based on new software technologies in patients with Alzheimer-type dementia]. In : *Psicothema*. février 2011. Vol. 23, n° 1, p. 44-50.
- FERRIS, Timothy G., JOHNSON, Sarah A., CO, John Patrick T., BACKUS, Meghan, PERRIN, James, BATES, David W. et POON, Eric G., 2009. Electronic Results Management in Pediatric Ambulatory Care: Qualitative Assessment. In : *Pediatrics*. janvier 2009. Vol. 123, n° Supplement 2, p. S85-S91. DOI 10.1542/peds.2008-1755G.
- FOLOPPE, Déborah A., RICHARD, Paul, YAMAGUCHI, Takehiko, ETCHARRY-BOUYX, Frédérique et ALLAIN, Philippe, 2015. The potential of virtual reality-based training to enhance the functional autonomy of Alzheimer's disease patients in cooking activities: A single case study. *Neuropsychological Rehabilitation*. 20 October 2015. P. 1–25. DOI 10.1080/09602011.2015.1094394.

- FOLSTEIN, M. F., FOLSTEIN, S. E. et MCHUGH, P. R., 1975. « Mini-mental state ». A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. In : *Journal of Psychiatric Research*. novembre 1975. Vol. 12, n° 3, p. 189-198.
- FOSSATI, P., 2012. Neural correlates of emotion processing: From emotional to social brain. In : *European Neuropsychopharmacology*. janvier 2012. Vol. 22, p. S487-S491. DOI 10.1016/j.euroneuro.2012.07.008.
- FOWLES, D. C., 2000. Electrodermal hyporeactivity and antisocial behavior: does anxiety mediate the relationship? In : *Journal of Affective Disorders*. décembre 2000. Vol. 61, n° 3, p. 177-189.
- FRANKEL, Leslie A., UMEMURA, Tomo, JACOBVITZ, Deborah et HAZEN, Nancy, 2015. Marital conflict and parental responses to infant negative emotions: Relations with toddler emotional regulation. In : *Infant Behavior and Development*. août 2015. Vol. 40, p. 73-83. DOI 10.1016/j.infbeh.2015.03.004.
- FRIDENSON-HAYO, S., BERGGREN, S., LASSALLE, A., TAL, S., PIGAT, D., MEIR-GOREN, N., O'REILLY, H., BEN-ZUR, S., BÖLTE, S., BARON-COHEN, S. et GOLAN, O., 2017. 'Emotiplay': a serious game for learning about emotions in children with autism: results of a cross-cultural evaluation. In : *European Child & Adolescent Psychiatry* [en ligne]. 8 mars 2017. [Consulté le 8 juillet 2017]. DOI 10.1007/s00787-017-0968-0. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/s00787-017-0968-0>.
- FRIED, L. P., TANGEN, C. M., WALSTON, J., NEWMAN, A. B., HIRSCH, C., GOTTDIENER, J., SEEMAN, T., TRACY, R., KOP, W. J., BURKE, G., MCBURNIE, M. A. et CARDIOVASCULAR HEALTH STUDY COLLABORATIVE RESEARCH GROUP, 2001. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. In : *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. mars 2001. Vol. 56, n° 3, p. M146-156.
- FU, Cynthia H. Y., WILLIAMS, Steven C. R., CLEARE, Anthony J., BRAMMER, Michael J., WALSH, Nicholas D., KIM, Jieun, ANDREW, Chris M., PICH, Emilio Merlo, WILLIAMS, Pauline M., REED, Laurence J., MITTERSCHIFFTHALER, Martina T., SUCKLING, John et BULLMORE, Edward T., 2004. Attenuation of the Neural Response to Sad Faces in Major Depression by Antidepressant Treatment: A Prospective, Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. In : *Archives of General Psychiatry*. 1 septembre 2004. Vol. 61, n° 9, p. 877. DOI 10.1001/archpsyc.61.9.877.
- FUCHS, Philippe, 2006. *Le traité de la réalité virtuelle*. Paris : Presses de l'Ecole des Mines. ISBN 978-2-911762-62-8.
- GAGGIOLI, Andrea, CIPRESSO, Pietro, SERINO, Silvia, CAMPANARO, Danilo Marco, PALLAVICINI, Federica, WIEDERHOLD, Brenda K. et RIVA, Giuseppe, 2014. Positive technology: a free mobile platform for the self-management of psychological stress. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2014. Vol. 199, p. 25-29.
- GEBARA, Cristiane M., BARROS-NETO, Tito P. de, GERTSENCHTEIN, Leticia et LOTUFO-NETO, Francisco, 2016. Virtual reality exposure using three-dimensional images for the treatment of social phobia. In : *Revista Brasileira de Psiquiatria*. mars 2016. Vol. 38, n° 1, p. 24-29. DOI 10.1590/1516-4446-2014-1560.
- GIBBON, J., CHURCH, R. M. et MECK, W. H., 1984. Scalar timing in memory. In : *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1984. Vol. 423, p. 52-77.
- GIL, Sandrine et DROIT-VOLET, Sylvie, 2011. « Time flies in the presence of angry faces »... depending on the temporal task used! In : *Acta Psychologica*. mars 2011. Vol. 136, n° 3, p. 354-362. DOI 10.1016/j.actpsy.2010.12.010.
- GIUSTINI, Dean, 2006. How Web 2.0 is changing medicine. In : *BMJ (Clinical research ed.)*. 23 décembre 2006. Vol. 333, n° 7582, p. 1283-1284. DOI 10.1136/bmj.39062.555405.80.
- GOOD, Irving John, 1966. Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine. In : *Advances in Computers* [en ligne]. S.l. : Elsevier. p. 31-88. [Consulté le 1 juillet 2017]. ISBN 978-0-12-012106-9. Disponible à l'adresse : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065245808604180>.

- GOODKIND, Madeleine S., GYURAK, Anett, MCCARTHY, Megan, MILLER, Bruce L. et LEVENSON, Robert W., 2010. Emotion regulation deficits in frontotemporal lobar degeneration and Alzheimer's disease. In : *Psychology and Aging*. 2010. Vol. 25, n° 1, p. 30-37. DOI 10.1037/a0018519.
- GOPIN, Chaya B, BURDICK, Katherine E, DEROSSE, Pamela, GOLDBERG, Terry E et MALHOTRA, Anil K, 2011. Emotional modulation of response inhibition in stable patients with bipolar I disorder: a comparison with healthy and schizophrenia subjects: Affective processing in bipolar I disorder. In : *Bipolar Disorders*. mars 2011. Vol. 13, n° 2, p. 164-172. DOI 10.1111/j.1399-5618.2011.00906.x.
- GOSSELIN, Pierre, BEAUPRÉ, Martin et BOISSONNEAULT, Annie, 2002. Perception of genuine and masking smiles in children and adults: sensitivity to traces of anger. In : *The Journal of Genetic Psychology*. mars 2002. Vol. 163, n° 1, p. 58-71. DOI 10.1080/00221320209597968.
- GOUDBEEK, Martijn et SCHERER, Klaus, 2010. Beyond arousal: Valence and potency/control cues in the vocal expression of emotion. In : *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2010. Vol. 128, n° 3, p. 1322. DOI 10.1121/1.3466853.
- GRANDO, Maria Adela, ROZENBLUM, Ronen et BATES, David W. (éd.), 2015. *Information technology for patient empowerment in healthcare*. Berlin ; Boston : De Gruyter. ISBN 978-1-61451-592-0. R858 .I5368 2015
- GRAPPERON, J., PIGNOL, A.-C. et VION-DURY, J., 2012. La mesure de la réaction électrodermale. In : *L'Encéphale*. avril 2012. Vol. 38, n° 2, p. 149-155. DOI 10.1016/j.encep.2011.05.004.
- GREENHALGH, T., STRAMER, K., BRATAN, T., BYRNE, E., MOHAMMAD, Y. et RUSSELL, J., 2008a. Introduction of shared electronic records: multi-site case study using diffusion of innovation theory. In : *BMJ*. 23 octobre 2008. Vol. 337, n° oct23 1, p. a1786-a1786. DOI 10.1136/bmj.a1786.
- GREENHALGH, T., WOOD, G. W, BRATAN, T., STRAMER, K. et HINDER, S., 2008. Patients' attitudes to the summary care record and HealthSpace: qualitative study. In : *BMJ*. 7 juin 2008. Vol. 336, n° 7656, p. 1290-1295. DOI 10.1136/bmj.a114.
- GREGORY, Carol, LOUGH, Sinclair, STONE, Valerie, ERZINCLIOGLU, Sharon, MARTIN, Louise, BARON-COHEN, Simon et HODGES, John R., 2002. Theory of mind in patients with frontal variant frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: theoretical and practical implications. In : *Brain: A Journal of Neurology*. avril 2002. Vol. 125, n° Pt 4, p. 752-764.
- GREITEMEYER, Tobias et MÜGGE, Dirk O., 2014. Video Games Do Affect Social Outcomes: A Meta-Analytic Review of the Effects of Violent and Prosocial Video Game Play. In : *Personality and Social Psychology Bulletin*. mai 2014. Vol. 40, n° 5, p. 578-589. DOI 10.1177/0146167213520459.
- GRIFFITHS, Frances, LINDENMEYER, Antje, POWELL, John, LOWE, Pam et THOROGOOD, Margaret, 2006. Why Are Health Care Interventions Delivered Over the Internet? A Systematic Review of the Published Literature. In : *Journal of Medical Internet Research*. 23 juin 2006. Vol. 8, n° 2, p. e10. DOI 10.2196/jmir.8.2.e10.
- GROS, A, MANERA, V, DE MARCH, C A, GUEVARA, N, KÖNIG, A, FRIEDMAN, L, ROBERT, P, GOLEBIEWSKI, J et DAVID, R, 2017a. Olfactory disturbances in ageing with and without dementia: towards new diagnostic tools. In : *The Journal of Laryngology & Otology*. juillet 2017. Vol. 131, n° 7, p. 572-579. DOI 10.1017/S0022215117000858.
- GROS, Auriane, BENSAMOUN, David, MANERA, Valeria, FABRE, Roxane, ZACCONI-CAUVIN, Anne-Marie, THUMMLER, Susanne, BENOIT, Michel, ROBERT, Philippe et DAVID, Renaud, 2016. Recommendations for the Use of ICT in Elderly Populations with Affective Disorders. In : *Frontiers in Aging Neuroscience* [en ligne]. 8 novembre 2016. Vol. 8. [Consulté le 9 septembre 2017]. DOI 10.3389/fnagi.2016.00269. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2016.00269/full>.
- GROS, Auriane, GIROUD, Maurice, BEJOT, Yannick, ROUAUD, Olivier, GUILLEMIN, Sophie, ABOA EBOULÂ©, Corine, MANERA, Valeria, DAUMAS, Anaïs et LEMESLE MARTIN, Martine, 2015. A time estimation task as a possible measure of emotions: difference depending on the nature of the stimulus used. In : *Frontiers in Behavioral Neuroscience* [en ligne]. 11 juin 2015. Vol. 9. [Consulté le 31 octobre 2016].

GROSS, J. J., CARSTENSEN, L. L., PASUPATHI, M., TSAI, J., SKORPEN, C. G. et HSU, A. Y., 1997. Emotion and aging: experience, expression, and control. In : *Psychology and Aging*. décembre 1997. Vol. 12, n° 4, p. 590-599.

GROSS, James J. (éd.), 2014. *Handbook of emotion regulation*. 2. ed. New York, NY : Guilford Press. ISBN 978-1-4625-2073-2.

GROSS, James J. et JOHN, Oliver P., 2003. Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. In : *Journal of Personality and Social Psychology*. août 2003. Vol. 85, n° 2, p. 348-362.

GROSS, Thomas F., 2008. Recognition of Immaturity and Emotional Expressions in Blended Faces by Children with Autism and Other Developmental Disabilities. In : *Journal of Autism and Developmental Disorders*. février 2008. Vol. 38, n° 2, p. 297-311. DOI 10.1007/s10803-007-0391-3.

GRUPE, Dan W. et NITSCHKE, Jack B., 2013. Uncertainty and anticipation in anxiety: an integrated neurobiological and psychological perspective. In : *Nature Reviews. Neuroscience*. juillet 2013. Vol. 14, n° 7, p. 488-501. DOI 10.1038/nrn3524.

GUERRA, Pedro, CAMPAGNOLI, Rafaela R., VICO, Cynthia, VOLCHAN, Eliane, ANLLO-VENTO, Lourdes et VILA, Jaime, 2011. Filial versus romantic love: Contributions from peripheral and central electrophysiology. In : *Biological Psychology*. décembre 2011. Vol. 88, n° 2-3, p. 196-203. DOI 10.1016/j.biopsycho.2011.08.002.

GUÉTIN, S., PORTET, F., PICOT, M.-C., DEFEZ, C., POSE, C., BLAYAC, J.-P. et TOUCHON, J., 2009. Intérêts de la musicothérapie sur l'anxiété, la dépression des patients atteints de la maladie d'Alzheimer et sur la charge ressentie par l'accompagnant principal (étude de faisabilité). In : *L'Encéphale*. février 2009. Vol. 35, n° 1, p. 57-65. DOI 10.1016/j.encep.2007.10.009.

GUÉTIN, Stéphane, GINIÈS, Patrick, SIOU, Didier Kong A., PICOT, Marie-Christine, POMMIÉ, Christelle, GULDNER, Elisabeth, GOSP, Anne-Marie, OSTYN, Katelyne, COUDEYRE, Emmanuel et TOUCHON, Jacques, 2012. The effects of music intervention in the management of chronic pain: a single-blind, randomized, controlled trial. In : *The Clinical Journal of Pain*. mai 2012. Vol. 28, n° 4, p. 329-337. DOI 10.1097/AJP.0b013e31822be973.

GUÉTIN, Stéphane, PORTET, F., PICOT, M. C., POMMIÉ, C., MESSAOUDI, M., DJABELKIR, L., OLSEN, A. L., CANO, M. M., LECOURT, E. et TOUCHON, J., 2009. Effect of music therapy on anxiety and depression in patients with Alzheimer's type dementia: randomised, controlled study. In : *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2009. Vol. 28, n° 1, p. 36-46. DOI 10.1159/000229024.

GUNNING-DIXON, Faith M., GUR, Ruben C., PERKINS, Alexis C., SCHROEDER, Lee, TURNER, Travis, TURETSKY, Bruce I., CHAN, Robin M., LOUGHEAD, James W., ALSOP, David C., MALDJIAN, Joseph et GUR, Raquel E., 2003. Age-related differences in brain activation during emotional face processing. In : *Neurobiology of Aging*. avril 2003. Vol. 24, n° 2, p. 285-295.

GUZMÁN-VILEZ, Edmarie, FEINSTEIN, Justin S. et TRANEL, Daniel, 2014. Feelings Without Memory in Alzheimer Disease: In : *Cognitive And Behavioral Neurology*. septembre 2014. Vol. 27, n° 3, p. 117-129. DOI 10.1097/WNN.0000000000000020.

GYURAK, Anett, GOODKIND, Madeleine S., KRAMER, Joel H., MILLER, Bruce L. et LEVENSON, Robert W., 2012. Executive functions and the down-regulation and up-regulation of emotion. In : *Cognition & Emotion*. janvier 2012. Vol. 26, n° 1, p. 103-118. DOI 10.1080/02699931.2011.557291.

GYURAK, Anett, GOODKIND, Madeleine S., MADAN, Anita, KRAMER, Joel H., MILLER, Bruce L. et LEVENSON, Robert W., 2009. Do tests of executive functioning predict ability to downregulate emotions spontaneously and when instructed to suppress? In : *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*. juin 2009. Vol. 9, n° 2, p. 144-152. DOI 10.3758/CABN.9.2.144.

- HAKAMATA, Yuko, LISSEK, Shmuel, BAR-HAIM, Yair, BRITTON, Jennifer C., FOX, Nathan A., LEIBENLUFT, Ellen, ERNST, Monique et PINE, Daniel S., 2010. Attention Bias Modification Treatment: A Meta-Analysis Toward the Establishment of Novel Treatment for Anxiety. In : *Biological Psychiatry*. décembre 2010. Vol. 68, n° 11, p. 982-990. DOI 10.1016/j.biopsych.2010.07.021.
- HAMA, Seiji, YAMASHITA, Hidehisa, YAMAWAKI, Shigeto et KURISU, Kaoru, 2011. Post-stroke depression and apathy: Interactions between functional recovery, lesion location, and emotional response: Poststroke depression and apathy. In : *Psychogeriatrics*. mars 2011. Vol. 11, n° 1, p. 68-76. DOI 10.1111/j.1479-8301.2011.00358.x.
- HAMILTON, M., 1967. Development of a rating scale for primary depressive illness. In : *The British Journal of Social and Clinical Psychology*. décembre 1967. Vol. 6, n° 4, p. 278-296.
- HAMILTON, M., 1980. Rating depressive patients. In : *The Journal of Clinical Psychiatry*. décembre 1980. Vol. 41, n° 12 Pt 2, p. 21-24.
- HAMILTON, Max, 1959. THE ASSESSMENT OF ANXIETY STATES BY RATING. In : *British Journal of Medical Psychology*. mars 1959. Vol. 32, n° 1, p. 50-55. DOI 10.1111/j.2044-8341.1959.tb00467.x.
- HARROP, Nick, WOOD-HARPER, Trevor et GILLIES, Alan, 2006. Neglected user perspectives in the design of an online hospital bed-state system: implications for the National Programme for IT in the NHS. In : *Health Informatics Journal*. décembre 2006. Vol. 12, n° 4, p. 293-303. DOI 10.1177/1460458206069759.
- HASSANEIN, Khaled et HEAD, Milena, 2007. Manipulating perceived social presence through the web interface and its impact on attitude towards online shopping. In : *International Journal of Human-Computer Studies*. août 2007. Vol. 65, n° 8, p. 689-708. DOI 10.1016/j.ijhcs.2006.11.018.
- HASSOL, Andrea, WALKER, James M., KIDDER, David, ROKITA, Kim, YOUNG, David, PIERDON, Steven, DEITZ, Deborah, KUCK, Sarah et ORTIZ, Eduardo, 2004. Patient Experiences and Attitudes about Access to a Patient Electronic Health Care Record and Linked Web Messaging. In : *Journal of the American Medical Informatics Association*. novembre 2004. Vol. 11, n° 6, p. 505-513. DOI 10.1197/jamia.M1593.
- HEITMANN, Ragnhild Rekve, ASBJØRNSSEN, Arve et HELLAND, Turid, 2004. Attentional functions in speech fluency disorders. In : *Logopedics Phoniatrics Vocology*. octobre 2004. Vol. 29, n° 3, p. 119-127. DOI 10.1080/14015430410017379.
- HENRY, M. J., HERRMANN, B. et OBLESER, J., 2015. Selective Attention to Temporal Features on Nested Time Scales. In : *Cerebral Cortex*. 1 février 2015. Vol. 25, n° 2, p. 450-459. DOI 10.1093/cercor/bht240.
- HEPACH, Robert, VAISH, Amrisha et TOMASELLO, Michael, 2015. Novel paradigms to measure variability of behavior in early childhood: posture, gaze, and pupil dilation. In : *Frontiers in Psychology* [en ligne]. 9 juillet 2015. Vol. 6. [Consulté le 8 juillet 2017]. DOI 10.3389/fpsyg.2015.00858. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fpsyg.2015.00858/abstract>.
- HERBA, Catherine et PHILLIPS, Mary, 2004. Annotation: Development of facial expression recognition from childhood to adolescence: behavioural and neurological perspectives. In : *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. octobre 2004. Vol. 45, n° 7, p. 1185-1198. DOI 10.1111/j.1469-7610.2004.00316.x.
- HERHOLZ, Karl, 2003. PET studies in dementia. In : *Annals of Nuclear Medicine*. avril 2003. Vol. 17, n° 2, p. 79-89.
- HERRING, Susan C., 2003. Gender and Power in On-line Communication. In : HOLMES, Janet et MEYERHOFF, Miriam (éd.), *The Handbook of Language and Gender* [en ligne]. Oxford, UK : Blackwell Publishing Ltd. p. 202-228. [Consulté le 9 juillet 2017]. ISBN 978-0-470-75694-2. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470756942.ch9>.
- HESS, Ursula et THIBAUT, Pascal, 2009. Darwin and emotion expression. In : *The American Psychologist*. mars 2009. Vol. 64, n° 2, p. 120-128. DOI 10.1037/a0013386.

- HIER, Daniel B., ROTHSCHILD, Adam, LEMAISTRE, Anne et KEELER, Joy, 2005a. Differing faculty and housestaff acceptance of an electronic health record. In : *International Journal of Medical Informatics*. août 2005. Vol. 74, n° 7-8, p. 657-662. DOI 10.1016/j.ijmedinf.2005.03.006.
- HILLIER, Ashleigh et ALLINSON, Lesley, 2002. Understanding embarrassment among those with autism: breaking down the complex emotion of embarrassment among those with autism. In : *Journal of Autism and Developmental Disorders*. décembre 2002. Vol. 32, n° 6, p. 583-592.
- HIROKAWA, Kumi, NISHIMOTO, Takashi et TANIGUCHI, Toshiyo, 2012. Effects of lavender aroma on sleep quality in healthy Japanese students. In : *Perceptual and Motor Skills*. février 2012. Vol. 114, n° 1, p. 111-122. DOI 10.2466/13.15.PMS.114.1.111-122.
- HOAGLAND, Hudson, 1933. The Physiological Control of Judgments of Duration: Evidence for a Chemical Clock. In : *The Journal of General Psychology*. octobre 1933. Vol. 9, n° 2, p. 267-287. DOI 10.1080/00221309.1933.9920937.
- HOFMANN, Marc, RÖSLER, Alexander, SCHWARZ, Wolfram, MÜLLER-SPAHN, Franz, KRÄUCHI, Kurt, HOCK, Christoph and SEIFRITZ, Erich, 2003. Interactive computer-training as a therapeutic tool in Alzheimer's disease. *Comprehensive Psychiatry*. May 2003. Vol. 44, no. 3, p. 213-219. DOI 10.1016/S0010-440X(03)00006-3.
- HONEYMAN, Alasdair, COX, Benita et FISHER, Brian, 2005. Potential impacts of patient access to their electronic care records. In : *Informatics in Primary Care*. 2005. Vol. 13, n° 1, p. 55-60.
- HONKA, Anita, KAIPAINEN, Kirsikka, HIETALA, Henri et SARANUMMI, Niilo, 2011. Rethinking Health: ICT-Enabled Services to Empower People to Manage Their Health. In : *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. 2011. Vol. 4, p. 119-139. DOI 10.1109/RBME.2011.2174217.
- HOPFINGER, J. B., BUONOCORE, M. H. et MANGUN, G. R., 2000. The neural mechanisms of top-down attentional control. In : *Nature Neuroscience*. mars 2000. Vol. 3, n° 3, p. 284-291. DOI 10.1038/72999.
- HOPYAN, Talar, LAUGHLIN, Suzanne et DENNIS, Maureen, 2010. Emotions and Their Cognitive Control in Children With Cerebellar Tumors. In : *Journal of the International Neuropsychological Society*. novembre 2010. Vol. 16, n° 6, p. 1027-1038. DOI 10.1017/S1355617710000974.
- HOT, Pascal, KLEIN-KOERKAMP, Yanica, BORG, Céline, RICHARD-MORNAS, Aurélie, ZSOLDOS, Isabella, PAIGNON ADELIN, Adeline, THOMAS ANTÉRION, Catherine et BACIU, Monica, 2013. Fear recognition impairment in early-stage Alzheimer's disease: When focusing on the eyes region improves performance. In : *Brain and Cognition*. juin 2013. Vol. 82, n° 1, p. 25-34. DOI 10.1016/j.bandc.2013.02.001.
- HOUENOU, Josselin, FROMMBERGER, Juliane, CARDE, Soufiane, GLASBRENNER, Manuela, DIENER, Carsten, LEBOYER, Marion et WESSA, Michèle, 2011. Neuroimaging-based markers of bipolar disorder: Evidence from two meta-analyses. In : *Journal of Affective Disorders*. août 2011. Vol. 132, n° 3, p. 344-355. DOI 10.1016/j.jad.2011.03.016.
- HU, Paul J., CHAU, Patrick Y.K., SHENG, Olivia R. Liu et TAM, Kar Yan, 1999. Examining the Technology Acceptance Model Using Physician Acceptance of Telemedicine Technology. In : *Journal of Management Information Systems*. septembre 1999. Vol. 16, n° 2, p. 91-112. DOI 10.1080/07421222.1999.11518247.
- HUANG, Hsiu-Mei, 2006. Do print and Web surveys provide the same results? In : *Computers in Human Behavior*. mai 2006. Vol. 22, n° 3, p. 334-350. DOI 10.1016/j.chb.2004.09.012.
- IVERACH, Lisa et RAPEE, Ronald M., 2014. Social anxiety disorder and stuttering: Current status and future directions. In : *Journal of Fluency Disorders*. juin 2014. Vol. 40, p. 69-82. DOI 10.1016/j.jfludis.2013.08.003.
- IZARD, Carroll E, 1971a. *The face of emotion*. New York : s.n. ISBN 978-0-390-47831-3.
- IZARD, Carroll E. (éd.), 1977. *Human emotions*. New York : Plenum Press. Emotions, personality, and psychotherapy. ISBN 978-0-306-30986-1. BF531 .H78

- JANSEN, Bart, TEMMERMANS, Frederik et DEKLERCK, Rudi, 2007. 3D human pose recognition for home monitoring of elderly. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. août 2007. p. 4049-4051. [Consulté le 5 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/4353222/>.
- JAYASURIYA, R., 1998. Determinants of microcomputer technology use: implications for education and training of health staff. In : *International Journal of Medical Informatics*. juin 1998. Vol. 50, n° 1-3, p. 187-194.
- JENSEN, Tina Blegind et AANESTAD, Margunn, 2007. Hospitality and hostility in hospitals: a case study of an EPR adoption among surgeons. In : *European Journal of Information Systems*. décembre 2007. Vol. 16, n° 6, p. 672-680. DOI 10.1057/palgrave.ejis.3000713.
- JOHANNESSEN, Berit, 2013. Nurses experience of aromatherapy use with dementia patients experiencing disturbed sleep patterns. An action research project. In : *Complementary Therapies in Clinical Practice*. novembre 2013. Vol. 19, n° 4, p. 209-213. DOI 10.1016/j.ctcp.2013.01.003.
- JOHANSSON, Robert, SJÖBERG, Elin, SJÖGREN, Magnus, JOHNSSON, Erik, CARLBRING, Per, ANDERSSON, Therese, ROUSSEAU, Andréas et ANDERSSON, Gerhard, 2012. Tailored vs. Standardized Internet-Based Cognitive Behavior Therapy for Depression and Comorbid Symptoms: A Randomized Controlled Trial. In : BRUCE, Amanda (éd.), *PLoS ONE*. 15 mai 2012. Vol. 7, n° 5, p. e36905. DOI 10.1371/journal.pone.0036905.
- JOHNSON, Kia N., WALDEN, Tedra A., CONTURE, Edward G. et KARRASS, Jan, 2010. Spontaneous Regulation of Emotions in Preschool Children Who Stutter: Preliminary Findings. In : *Journal of Speech Language and Hearing Research*. 1 décembre 2010. Vol. 53, n° 6, p. 1478. DOI 10.1044/1092-4388(2010/08-0150).
- JOINSON, Adam N., 2003. *Understanding the psychology of Internet behaviour: virtual worlds, real lives*. Houndmills, Basingstoke, Hampshire ; New York : Palgrave Macmillan. ISBN 978-0-333-98467-3. ZA4201 .J64 2003
- JOLLIFFE, I. T., 2002. *Principal component analysis*. 2nd ed. New York : Springer. Springer series in statistics. ISBN 978-0-387-95442-4. QA278.5 .J65 2002
- JOUBERT, Michael, ARMAND, Coline, MORERA, Julia, TOKAYEVA, Leyla, GUILLAUME, Aurore et REZNIK, Yves, 2016. Impact of a Serious Videogame Designed for Flexible Insulin Therapy on the Knowledge and Behaviors of Children with Type 1 Diabetes: The LUDIDIAB Pilot Study. In : *Diabetes Technology & Therapeutics*. février 2016. Vol. 18, n° 2, p. 52-58. DOI 10.1089/dia.2015.0227.
- JU, Yo-El S., MCLELAND, Jennifer S., TOEDEBUSCH, Cristina D., XIONG, Chengjie, FAGAN, Anne M., DUNTLEY, Stephen P., MORRIS, John C. et HOLTZMAN, David M., 2013. Sleep Quality and Preclinical Alzheimer Disease. In : *JAMA Neurology*. 1 mai 2013. Vol. 70, n° 5, p. 587. DOI 10.1001/jamaneurol.2013.2334.
- JUSLIN, Patrik N. et LAUKKA, Petri, 2001. Impact of intended emotion intensity on cue utilization and decoding accuracy in vocal expression of emotion. In : *Emotion*. 2001. Vol. 1, n° 4, p. 381-412. DOI 10.1037//1528-3542.1.4.381.
- KAHN, T., BOSCH, J., LEVITT, M. F. et GOLDSTEIN, M. H., 1975. Effect of sodium nitrate loading on electrolyte transport by the renal tubule. In : *The American Journal of Physiology*. septembre 1975. Vol. 229, n° 3, p. 746-753.
- KALISCH, Konrad, 2012. Mentalisierung und Affektregulation – Wie sich das kindliche Selbst entwickelt. In : *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*. mai 2012. Vol. 61, n° 5, p. 336-347. DOI 10.13109/prkk.2012.61.5.336.
- KALTENTHALER, E., SUTCLIFFE, P., PARRY, G., BEVERLEY, C., REES, A. et FERRITER, M., 2008. The acceptability to patients of computerized cognitive behaviour therapy for depression: a systematic review. In : *Psychological Medicine*. novembre 2008. Vol. 38, n° 11, p. 1521. DOI 10.1017/S0033291707002607.

- KANWISHER, N. et YOVEL, G., 2006. The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces. In : *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 29 décembre 2006. Vol. 361, n° 1476, p. 2109-2128. DOI 10.1098/rstb.2006.1934.
- KARRASS, Jan, WALDEN, Tedra A., CONTURE, Edward G., GRAHAM, Corrin G., ARNOLD, Hayley S., HARTFIELD, Kia N. et SCHWENK, Krista A., 2006a. Relation of emotional reactivity and regulation to childhood stuttering. In : *Journal of Communication Disorders*. novembre 2006. Vol. 39, n° 6, p. 402-423. DOI 10.1016/j.jcomdis.2005.12.004.
- KARTIKO, Iwan, KAVAKLI, Manolya et CHENG, Ken, 2010. Learning science in a virtual reality application: The impacts of animated-virtual actors? visual complexity. In : *Computers & Education*. septembre 2010. Vol. 55, n° 2, p. 881-891. DOI 10.1016/j.compedu.2010.03.019.
- KEIGHTLEY, Michelle L., CHIEW, Kimberly S., WINOCUR, Gordon et GRADY, Cheryl L., 2007. Age-related differences in brain activity underlying identification of emotional expressions in faces. In : *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. décembre 2007. Vol. 2, n° 4, p. 292-302. DOI 10.1093/scan/nsm024.
- KEILLOR, Jocelyn M., BARRETT, Anna M., CRUCIAN, Gregory P., KORTENKAMP, Sarah et HEILMAN, Kenneth M., 2002. Emotional experience and perception in the absence of facial feedback. In : *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*. janvier 2002. Vol. 8, n° 1, p. 130-135.
- KESSLER, Ronald C., AGUILAR-GAXIOLA, Sergio, ALONSO, Jordi, CHATTERJI, Somnath, LEE, Sing, ORMEL, Johan, USTÜN, T. Bedirhan et WANG, Philip S., 2009. The global burden of mental disorders: an update from the WHO World Mental Health (WMH) surveys. In : *Epidemiologia E Psichiatria Sociale*. mars 2009. Vol. 18, n° 1, p. 23-33.
- KIRSCH-DARROW, L., FERNANDEZ, H. F., MARSISKE, M., OKUN, M. S. et BOWERS, D., 2006. Dissociating apathy and depression in Parkinson disease. In : *Neurology*. 11 juillet 2006. Vol. 67, n° 1, p. 33-38. DOI 10.1212/01.wnl.0000230572.07791.22.
- KLEINGINNA, Paul R. et KLEINGINNA, Anne M., 1981. A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. In : *Motivation and Emotion*. décembre 1981. Vol. 5, n° 4, p. 345-379. DOI 10.1007/BF00992553.
- KLINGER, Evelyne, CHEMIN, Isabelle, LEBRETON, Sophie and MARIÉ, Rose-Marie, 2006. Virtual Action Planning in Parkinson's Disease: A Control Study. *CyberPsychology & Behavior*. June 2006. Vol. 9, no. 3, p. 342-347. DOI 10.1089/cpb.2006.9.342.
- jansenKOCH, L., 2006. Help-Seeking Behaviors of Women with Urinary Incontinence: An Integrative Literature Review. In : *Journal of Midwifery & Women's Health*. novembre 2006. Vol. 51, n° 6, p. e39-e44. DOI 10.1016/j.jmwh.2006.06.004.
- KOEDOOT, Caroline, BOUWMANS, Clazien, FRANKEN, Marie-Christine et STOLK, Elly, 2011. Quality of life in adults who stutter. In : *Journal of Communication Disorders*. juillet 2011. Vol. 44, n° 4, p. 429-443. DOI 10.1016/j.jcomdis.2011.02.002.
- KOMPOLITI, Katie, 2015. Sources of Disability in Tourette Syndrome: Children vs. Adults. In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 5 janvier 2017]. DOI 10.7916/D8Z60NQ2. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.7916/D8Z60NQ2>.
- KORHONEN, I, MATTILA, E M et VAM GILS, Mark, 2010. Personal health systems - Opportunities and barriers for adoption. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. août 2010. p. 5272-5272. [Consulté le 6 août 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/5626309/>.
- KÖRKKÖ, Pentti, HUTTUNEN, Kerttu et SORRI, Martti, 2001. HI-SIMv1.0 - towards the virtual reality of hearing impairments. In : *Scandinavian Audiology*. janvier 2001. Vol. 30, n° 1, p. 209-210. DOI 10.1080/010503901300007551.
- KRISTENSEN, Hanne, 2000. Selective Mutism and Comorbidity With Developmental Disorder/Delay, Anxiety Disorder, and Elimination Disorder. In : *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. février 2000. Vol. 39, n° 2, p. 249-256. DOI 10.1097/00004583-200002000-00026.

- KROHN, Franklin B., 2004. A Generational Approach to Using Emoticons as Nonverbal Communication. In : *Journal of Technical Writing and Communication*. octobre 2004. Vol. 34, n° 4, p. 321-328. DOI 10.2190/9EQH-DE81-CWG1-QLL9.
- LANE, Richard D. et NADEL, Lynn (éd.), 2002. *Cognitive neuroscience of emotion*. Oxford : Oxford Univ. Press. Series in affective science. ISBN 978-0-19-515592-1.
- LANG, P. J., GREENWALD, M. K., BRADLEY, M. M. et HAMM, A. O., 1993. Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. In : *Psychophysiology*. mai 1993. Vol. 30, n° 3, p. 261-273.
- LAU, Ho Ming, SMIT, Johannes H., FLEMING, Theresa M. and RIPER, Heleen, 2016. Serious Games for Mental Health: Are They Accessible, Feasible, and Effective? A Systematic Review and Meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*. 2016. Vol. 7, p. 209. DOI 10.3389/fpsy.2016.00209.
- LAUTENSCHLAGER, Gary J. et FLAHERTY, Vicki L., 1990. Computer administration of questions: More desirable or more social desirability? In : *Journal of Applied Psychology*. 1990. Vol. 75, n° 3, p. 310-314. DOI 10.1037/0021-9010.75.3.310.
- LEAHY, Robert L., 2002. A model of emotional schemas. In : *Cognitive and Behavioral Practice*. juin 2002. Vol. 9, n° 3, p. 177-190. DOI 10.1016/S1077-7229(02)80048-7.
- LEE, Myeong Soo, CHOI, Jiae, POSADZKI, Paul and ERNST, Edzard, 2012. Aromatherapy for health care: An overview of systematic reviews. *Maturitas*. March 2012. Vol. 71, no. 3, p. 257–260. DOI 10.1016/j.maturitas.2011.12.018.
- LEFKOWITZ, R. J., 1975. Identification of adenylate cyclase-coupled beta-adrenergic receptors with radiolabeled beta-adrenergic antagonists. In : *Biochemical Pharmacology*. 15 septembre 1975. Vol. 24, n° 18, p. 1651-1658.
- LEGAULT, Isabelle, ALLARD, Romy et FAUBERT, Jocelyn, 2013. Healthy Older Observers Show Equivalent Perceptual-Cognitive Training Benefits to Young Adults for Multiple Object Tracking. In : *Frontiers in Psychology* [en ligne]. 2013. Vol. 4. [Consulté le 3 juillet 2017]. DOI 10.3389/fpsyg.2013.00323. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00323/abstract>.
- LEJEUNE, Helga, 1998a. Switching or gating? The attentional challenge in cognitive models of psychological time. In : *Behavioural Processes*. décembre 1998. Vol. 44, n° 2, p. 127-145. DOI 10.1016/S0376-6357(98)00045-X.
- LEMBKE, Anna et KETTER, Terence A., 2002. Impaired recognition of facial emotion in mania. In : *The American Journal of Psychiatry*. février 2002. Vol. 159, n° 2, p. 302-304. DOI 10.1176/appi.ajp.159.2.302.
- LEPPÄNEN, Jukka M. et HIETANEN, Jari K., 2003a. Affect and Face Perception: Odors Modulate the Recognition Advantage of Happy Faces. In : *Emotion*. 2003. Vol. 3, n° 4, p. 315-326. DOI 10.1037/1528-3542.3.4.315.
- LERNER, Yulia, SINGER, Neomi, GONEN, Tal, WEINTRAUB, Yonatan, COHEN, Oded, RUBIN, Nava, UNGERLEIDER, Leslie G. et HENDLER, Talma, 2012. Feeling without Seeing? Engagement of Ventral, but Not Dorsal, Amygdala during Unaware Exposure to Emotional Faces. In : *Journal of Cognitive Neuroscience*. mars 2012. Vol. 24, n° 3, p. 531-542. DOI 10.1162/jocn_a_00165.
- LÉVESQUE, Johanne, EUGÈNE, Fanny, JOANETTE, Yves, PAQUETTE, Vincent, MENSOUR, Boualem, BEAUDOIN, Gilles, LEROUX, Jean-Maxime, BOURGOUIN, Pierre et BEAUREGARD, Mario, 2003. Neural circuitry underlying voluntary suppression of sadness. In : *Biological Psychiatry*. 15 mars 2003. Vol. 53, n° 6, p. 502-510.
- LEWIS, K. E. et WOODSIDE, R. E., 1992. Patient satisfaction with care in the emergency department. In : *Journal of Advanced Nursing*. août 1992. Vol. 17, n° 8, p. 959-964.
- LI, Shun, CUI, Liqing, ZHU, Changye, LI, Baobin, ZHAO, Nan et ZHU, Tingshao, 2016. Emotion recognition using Kinect motion capture data of human gaits. In : *PeerJ*. 15 septembre 2016. Vol. 4, p. e2364. DOI 10.7717/peerj.2364.

- LIKOUREZOS, Antonios, CHALFIN, Donald B., MURPHY, Daniel G., SOMMER, Barbara, DARCY, Kelly et DAVIDSON, Steven J., 2004a. Physician and nurse satisfaction with an Electronic Medical Record system. In : *The Journal of Emergency Medicine*. novembre 2004. Vol. 27, n° 4, p. 419-424. DOI 10.1016/j.jemermed.2004.03.019.
- LINDNER, Philip, MILOFF, Alexander, HAMILTON, William, REUTERSKIÖLD, Lena, ANDERSSON, Gerhard, POWERS, Mark B. et CARLBRING, Per, 2017. Creating state of the art, next-generation Virtual Reality exposure therapies for anxiety disorders using consumer hardware platforms: design considerations and future directions. In : *Cognitive Behaviour Therapy*. 8 mars 2017. p. 1-17. DOI 10.1080/16506073.2017.1280843.
- LIU, Hong et WU, Pingping, 2012. Comparison of methods for smile deceit detection by training AU6 and AU12 simultaneously. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. septembre 2012. p. 1805-1808. [Consulté le 6 août 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/6467232/>.
- LIU, Qing, WANG, Yongshun, VAN HECK, Cornelis Hermanus et QIAO, Wei, 2017. Stress reactivity and emotion in premenstrual syndrome. In : *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. juin 2017. Vol. Volume 13, p. 1597-1602. DOI 10.2147/NDT.S132001.
- LIU, Sam, ZHU, Miaoqi, YU, Dong Jin, RASIN, Alexander et YOUNG, Sean D, 2017. Using Real-Time Social Media Technologies to Monitor Levels of Perceived Stress and Emotional State in College Students: A Web-Based Questionnaire Study. In : *JMIR Mental Health*. 10 janvier 2017. Vol. 4, n° 1, p. e2. DOI 10.2196/mental.5626.
- LIUM, Jan-Tore, TJORA, Aksel et FAXVAAG, Arild, 2008. No paper, but the same routines: a qualitative exploration of experiences in two Norwegian hospitals deprived of the paper based medical record. In : *BMC Medical Informatics and Decision Making* [en ligne]. décembre 2008. Vol. 8, n° 1. [Consulté le 2 juillet 2017]. DOI 10.1186/1472-6947-8-2. Disponible à l'adresse : <http://bmcmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6947-8-2>.
- LIUM, J.-T., LAERUM, H., SCHULZ, T. et FAXVAAG, A., 2006. From the Front Line, Report from a Near Paperless Hospital: Mixed Reception Among Health Care Professionals. In : *Journal of the American Medical Informatics Association*. 1 novembre 2006. Vol. 13, n° 6, p. 668-675. DOI 10.1197/jamia.M2108.
- LO, Shao-Kang, 2008. The Nonverbal Communication Functions of Emoticons in Computer-Mediated Communication. In : *CyberPsychology & Behavior*. octobre 2008. Vol. 11, n° 5, p. 595-597. DOI 10.1089/cpb.2007.0132.
- L?RUM, Hallvard, KARLSEN, Tom H et FAXVAAG, Arild, 2004. Use of and attitudes to a hospital information system by medical secretaries, nurses and physicians deprived of the paper-based medical record: a case report. In : *BMC Medical Informatics and Decision Making* [en ligne]. décembre 2004. Vol. 4, n° 1. [Consulté le 2 juillet 2017]. DOI 10.1186/1472-6947-4-18. Disponible à l'adresse : <http://bmcmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6947-4-18>.
- LYKETSOS, Constantine G., LOPEZ, Oscar, JONES, Beverly, FITZPATRICK, Annette L., BREITNER, John et DEKOSKY, Steven, 2002. Prevalence of neuropsychiatric symptoms in dementia and mild cognitive impairment: results from the cardiovascular health study. In : *JAMA*. 25 septembre 2002. Vol. 288, n° 12, p. 1475-1483.
- LYON, H. M., STARTUP, M. et BENTALL, R. P., 1999. Social cognition and the manic defense: attributions, selective attention, and self-schema in bipolar affective disorder. In : *Journal of Abnormal Psychology*. mai 1999. Vol. 108, n° 2, p. 273-282.
- LYTLE, Jamie, MWATHA, Catherine et DAVIS, Karen K., 2014. Effect of lavender aromatherapy on vital signs and perceived quality of sleep in the intermediate care unit: a pilot study. In : *American Journal of Critical Care: An Official Publication, American Association of Critical-Care Nurses*. janvier 2014. Vol. 23, n° 1, p. 24-29. DOI 10.4037/ajcc2014958.
- MAGEE, Wendy L, CLARK, Imogen, TAMPLIN, Jeanette and BRADT, Joke, 2017. Music interventions for acquired brain injury. In : *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. [Accessed 24 September 2017]. DOI: 10.1002/14651858.CD006787.pub3

MALHI, Gin S, LAGOPOULOS, Jim, SACHDEV, Perminder S, IVANOVSKI, Belinda, SHNIER, Ron et KETTER, Terence, 2007. Is a lack of disgust something to fear? A functional magnetic resonance imaging facial emotion recognition study in euthymic bipolar disorder patients. In : *Bipolar Disorders*. juin 2007. Vol. 9, n° 4, p. 345-357. DOI 10.1111/j.1399-5618.2007.00485.x.

MANERA, Valeria, BEN-SADOUN, Grégory, AALBERS, Teun, AGOPYAN, Hovannes, ASKENAZY, Florence, BENOIT, Michel, BENSAMOUN, David, BOURGEOIS, Jérémy, BREDIN, Jonathan, BREMOND, Francois, CRISPIM-JUNIOR, Carlos, DAVID, Renaud, DE SCHUTTER, Bob, ETTORE, Eric, FAIRCHILD, Jennifer, FOULON, Pierre, GAZZALEY, Adam, GROS, Auriane, HUN, Stéphanie, KNOEFEL, Frank, OLDE RIKKERT, Marcel, PHAN TRAN, Minh K., POLITIS, Antonios, RIGAUD, Anne S., SACCO, Guillaume, SERRET, Sylvie, THÜMMLER, Susanne, WELTER, Marie L. et ROBERT, Philippe, 2017. Recommendations for the Use of Serious Games in Neurodegenerative Disorders: 2016 Delphi Panel. In : *Frontiers in Psychology* [en ligne]. 25 juillet 2017. Vol. 8. [Consulté le 8 août 2017]. DOI 10.3389/fpsyg.2017.01243. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.01243/full>.

MANNAN, Rishi, MURPHY, Jeannette et JONES, Melvyn, 2006. Is primary care ready to embrace e-health? A qualitative study of staff in a London primary care trust. In : *Informatics in Primary Care*. 2006. Vol. 14, n° 2, p. 121-131.

MANNING, Susan Karp et MELCHIORI, Maria Parra, 1974. Words That Upset Urban College Students: Measured with GSRs and Rating Scales. In : *The Journal of Social Psychology*. décembre 1974. Vol. 94, n° 2, p. 305-306. DOI 10.1080/00224545.1974.9923225.

MARINE, Taffou, EMMANUELLE, Chapoulie, ADRIEN, David, RACHID, Guerchouche, GEORGE, Drettakis et ISABELLE, Viaud-Delmon, 2012. Auditory-Visual Integration of Emotional Signals in a Virtual Environment for Cynophobia. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2012. p. 238-242. DOI 10.3233/978-1-61499-121-2-238.

MARSHALL, Gad A., DONOVAN, Nancy J., LORIUS, Natacha, GIDICSIN, Christopher M., MAYE, Jacqueline, PEPIN, Lesley C., BECKER, J. Alex, AMARIGLIO, Rebecca E., RENTZ, Dorene M., SPERLING, Reisa A. et JOHNSON, Keith A., 2013. Apathy Is Associated With Increased Amyloid Burden in Mild Cognitive Impairment. In : *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*. janvier 2013. Vol. 25, n° 4, p. 302-307. DOI 10.1176/appi.neuropsych.12060156.

MARTIN, Christopher L. et NAGAO, Dennis H., 1989. Some effects of computerized interviewing on job applicant responses. In : *Journal of Applied Psychology*. 1989. Vol. 74, n° 1, p. 72-80. DOI 10.1037//0021-9010.74.1.72.

MARTIN, David, MARIANI, John et ROUNCFIELD, Mark, 2007. Managing integration work in an NHS electronic patient record (EPR) project. In : *Health Informatics Journal*. mars 2007. Vol. 13, n° 1, p. 47-56. DOI 10.1177/1460458207073648.

MAUNSELL, John H.R. et TREUE, Stefan, 2006. Feature-based attention in visual cortex. In : *Trends in Neurosciences*. juin 2006. Vol. 29, n° 6, p. 317-322. DOI 10.1016/j.tins.2006.04.001.

MCCUSKER, Jane, COLE, Martin G., DENDUKURI, Nandini et BELZILE, Eric, 2004. The Delirium Index, a Measure of the Severity of Delirium: New Findings on Reliability, Validity, and Responsiveness: DELIRIUM INDEX. In : *Journal of the American Geriatrics Society*. octobre 2004. Vol. 52, n° 10, p. 1744-1749. DOI 10.1111/j.1532-5415.2004.52471.x.

MC GEE, J.S., VAN DER ZAAG, C., BUCKWALTER, J.G., THIEBAUX, M., VAN ROOYEN, A., NEUMANN, U., SISEMORE, D. et RIZZO, A.A., 2000. Issues for the Assessment of Visuospatial Skills in Older Adults Using Virtual Environment Technology. In : *CyberPsychology & Behavior*. juin 2000. Vol. 3, n° 3, p. 469-482. DOI 10.1089/10949310050078931.

MCHUGO, Maureen, OLATUNJI, Bunmi O. et ZALD, David H., 2013. The emotional attentional blink: what we know so far. In : *Frontiers in Human Neuroscience* [en ligne]. 2013. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnhum.2013.00151. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00151/abstract>.

- MCKAY, Ryan, LANGDON, Robyn et COLTHEART, Max, 2007. Models of misbelief: Integrating motivational and deficit theories of delusions. In : *Consciousness and Cognition*. décembre 2007. Vol. 16, n° 4, p. 932-941. DOI 10.1016/j.concog.2007.01.003.
- MCMANIS, M. H., BRADLEY, M. M., BERG, W. K., CUTHBERT, B. N. et LANG, P. J., 2001. Emotional reactions in children: verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. In : *Psychophysiology*. mars 2001. Vol. 38, n° 2, p. 222-231.
- MCNEILL, David, 1995. *Hand and mind: what gestures reveal about thought*. Chicago : The Univ. of Chicago Press. ISBN 978-0-226-56134-9.
- M&EACUTE;LODIE, Boulay, SAMUEL, Benveniste, SANDRA, Boespflug, PIERRE, Jouvelot et ANNE-SOPHIE, Rigaud, 2011a. A pilot usability study of MINWii, a music therapy game for demented patients. In : *Technology and Health Care*. 2011. n° 4, p. 233-246. DOI 10.3233/THC-2011-0628.
- M&EACUTE;LODIE, Boulay, SAMUEL, Benveniste, SANDRA, Boespflug, PIERRE, Jouvelot et ANNE-SOPHIE, Rigaud, 2011b. A pilot usability study of MINWii, a music therapy game for demented patients. In : *Technology and Health Care*. 2011. n° 4, p. 233-246. DOI 10.3233/THC-2011-0628.
- MEHRABIAN, A., 1968. Relationship of attitude to seated posture, orientation, and distance. In : *Journal of Personality and Social Psychology*. septembre 1968. Vol. 10, n° 1, p. 26-30.
- MILLARD, P. H., 1981. How dangerous are falls in old people at home? In : *BMJ*. 14 mars 1981. Vol. 282, n° 6267, p. 905-905. DOI 10.1136/bmj.282.6267.905-a.
- MILLER, R. H. et SIM, I., 2004. Physicians' Use Of Electronic Medical Records: Barriers And Solutions. In : *Health Affairs*. 1 mars 2004. Vol. 23, n° 2, p. 116-126. DOI 10.1377/hlthaff.23.2.116.
- MISTRY, Hema, 2012. Systematic review of studies of the cost-effectiveness of telemedicine and telecare. Changes in the economic evidence over twenty years. In : *Journal of Telemedicine and Telecare*. janvier 2012. Vol. 18, n° 1, p. 1-6. DOI 10.1258/jtt.2011.110505.
- MITCHELL, D.G.V., LUO, Q., MONDILLO, K., VYTHILINGAM, M., FINGER, E.C. et BLAIR, R.J.R., 2008. The interference of operant task performance by emotional distracters: An antagonistic relationship between the amygdala and frontoparietal cortices. In : *NeuroImage*. avril 2008. Vol. 40, n° 2, p. 859-868. DOI 10.1016/j.neuroimage.2007.08.002.
- MITROUSIA, V. and GIOTAKOS, O., 2016. Virtual reality therapy in anxiety disorders. *Psychiatriki*. 1 October 2016. Vol. 27, no. 4, p. 276-286. DOI 10.22365/jpsych.2016.274.276.
- MOGRABI, Daniel C., BROWN, Richard G. et MORRIS, Robin G., 2012. Emotional Reactivity to Film Material in Alzheimer's Disease. In : *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2012. Vol. 34, n° 5-6, p. 351-359. DOI 10.1159/000343930.
- MOHANTY, Aprajita et SUSSMAN, Tamara J., 2013. Top-down modulation of attention by emotion. In : *Frontiers in Human Neuroscience* [en ligne]. 2013. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnhum.2013.00102. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00102/abstract>.
- MOLINA, Karina, RICCI, Natalia, DE MORAES, Suzana et PERRACINI, Monica, 2014. Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review. In : *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014. Vol. 11, n° 1, p. 156. DOI 10.1186/1743-0003-11-156.
- MONTAGUE, Diane R. F. et WALKER-ANDREWS, Arlene S., 2002. Mothers, fathers, and infants: the role of person familiarity and parental involvement in infants' perception of emotion expressions. In : *Child Development*. octobre 2002. Vol. 73, n° 5, p. 1339-1352.
- MONTEIRO, Nicole M., BALOGUN, Shyngle K. et ORATILE, Kutlo N., 2014. Managing stress: the influence of gender, age and emotion regulation on coping among university students in Botswana. In : *International Journal of Adolescence and Youth*. 3 avril 2014. Vol. 19, n° 2, p. 153-173. DOI 10.1080/02673843.2014.908784.

- MONTGOMERY, S. A. et ASBERG, M., 1979a. A new depression scale designed to be sensitive to change. In : *The British Journal of Psychiatry: The Journal of Mental Science*. avril 1979. Vol. 134, p. 382-389.
- MOODY, Linda E., SLOCUMB, Elaine, BERG, Bruce et JACKSON, Donna, 2004. Electronic Health Records Documentation in Nursing: Nurses' Perceptions, Attitudes, and Preferences. In : *CIN: Computers, Informatics, Nursing*. novembre 2004. Vol. 22, n° 6, p. 337-344. DOI 10.1097/00024665-200411000-00009.
- MORIYA, Jun et TANNO, Yoshihiko, 2011. Exogenous attention to angry faces in social anxiety: A perceptual accuracy approach. In : *Cognition & Emotion*. novembre 2011. Vol. 25, n° 7, p. 1165-1175. DOI 10.1080/02699931.2010.535695.
- MORIYAMA, Tais S., POLANCZYK, Guilherme, CAYE, Arthur, BANASCHEWSKI, Tobias, BRANDEIS, Daniel et ROHDE, Luis A., 2012. Evidence-based information on the clinical use of neurofeedback for ADHD. In : *Neurotherapeutics: The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*. juillet 2012. Vol. 9, n° 3, p. 588-598. DOI 10.1007/s13311-012-0136-7.
- MORO, Christian, ?TROMBERGA, Zane, RAIKOS, Athanasios et STIRLING, Allan, 2017. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy: VR and AR in Health Sciences and Medical Anatomy. In : *Anatomical Sciences Education* [en ligne]. avril 2017. [Consulté le 4 juillet 2017]. DOI 10.1002/ase.1696. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1002/ase.1696>.
- MORRIS, Jayne, TAYLOR, Alexander N. W., ROESCH, Etienne B. et VAN REEKUM, Carien M., 2013. Still feeling it: the time course of emotional recovery from an attentional perspective. In : *Frontiers in Human Neuroscience* [en ligne]. 2013. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnhum.2013.00201. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00201/abstract>.
- MOUSTAFA, A. M. et KORITZ, S. B., 1976. The inhibition by ADP of NADPH-supported adrenal steroid 11beta-hydroxylation. In : *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine (New York, N.Y.)*. juin 1976. Vol. 152, n° 2, p. 246-248.
- MU, Y.-G., HUANG, L.-J., LI, S.-Y., KE, C., CHEN, Y., JIN, Y. et CHEN, Z.-P., 2012. Working memory and the identification of facial expression in patients with left frontal glioma. In : *Neuro-Oncology*. 1 septembre 2012. Vol. 14, n° suppl 4, p. iv81-iv89. DOI 10.1093/neuonc/nos215.
- MURPHY, F. C., SAHAKIAN, B. J., RUBINSZTEIN, J. S., MICHAEL, A., ROGERS, R. D., ROBBINS, T. W. et PAYKEL, E. S., 1999. Emotional bias and inhibitory control processes in mania and depression. In : *Psychological Medicine*. novembre 1999. Vol. 29, n° 6, p. 1307-1321.
- MURRAY, Iain R. et ARNOTT, John L., 1993. Toward the simulation of emotion in synthetic speech: A review of the literature on human vocal emotion. In : *The Journal of the Acoustical Society of America*. février 1993. Vol. 93, n° 2, p. 1097-1108. DOI 10.1121/1.405558.
- N, McLay Robert, ALICIA, Baird, JENNIFER, Murphy, WILLIAM, Deal, LILY, Tran, HEATHER, Anson, WARREN, Klam et SCOTT, Johnston, 2015. Importance of Virtual Reality to Virtual Reality Exposure Therapy, Study Design of a Randomized Trial. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2015. p. 182-186. DOI 10.3233/978-1-61499-595-1-182.
- NAGAI, Yukie, NAKATANI, Akiko, QIN, Shibo, FUKUYAMA, Hiroshi, MYOWA-YAMAKOSHI, Masako et ASADA, Minoru, 2012. Co-development of information transfer within and between infant and caregiver. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. novembre 2012. p. 1-6. [Consulté le 6 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/6400879/>.
- NAIT-CHARIF, H. et MCKENNA, S.J., 2004. Activity summarisation and fall detection in a supportive home environment. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. 2004. p. 323-326 Vol.4. [Consulté le 5 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/1333768/>.
- NASHIRO, Kaoru et MATHER, Mara, 2011. Effects of emotional arousal on memory binding in normal aging and Alzheimer's disease. In : *The American Journal of Psychology*. 2011. Vol. 124, n° 3, p. 301-312.

- NAUS, Mary J., PHILIPP, Laura M. et SAMSI, Mekhala, 2009. From paper to pixels: A comparison of paper and computer formats in psychological assessment. In : *Computers in Human Behavior*. janvier 2009. Vol. 25, n° 1, p. 1-7. DOI 10.1016/j.chb.2008.05.012.
- NESTOR, Peter J., FRYER, Tim D., SMIELEWSKI, Peter et HODGES, John R., 2003. Limbic hypometabolism in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. In : *Annals of Neurology*. septembre 2003. Vol. 54, n° 3, p. 343-351. DOI 10.1002/ana.10669.
- NEW, Joshua J. et SCHOLL, Brian J., 2009. Subjective time dilation: spatially local, object-based, or a global visual experience? In : *Journal of Vision*. 6 février 2009. Vol. 9, n° 2, p. 4.1-11. DOI 10.1167/9.2.4.
- NGUYEN, Vinh T., BREAKSPEAR, Michael et CUNNINGTON, Ross, 2014. Fusing concurrent EEG-fMRI with dynamic causal modeling: Application to effective connectivity during face perception. In : *NeuroImage*. novembre 2014. Vol. 102, p. 60-70. DOI 10.1016/j.neuroimage.2013.06.083.
- NIEDENTHAL, Paula M. et DALLE, Nathalie, 2001. Le mariage de mon meilleur ami: emotional response categorization and naturally induced emotions. In : *European Journal of Social Psychology*. novembre 2001. Vol. 31, n° 6, p. 737-742. DOI 10.1002/ejsp.66.
- NOLEN-HOEKSEMA, Susan, 2012. Emotion Regulation and Psychopathology: The Role of Gender. In : *Annual Review of Clinical Psychology*. 27 avril 2012. Vol. 8, n° 1, p. 161-187. DOI 10.1146/annurev-clinpsy-032511-143109.
- NORRIS, Catherine J., LARSEN, Jeff T. et CACIOPPO, John T., 2007. Neuroticism is associated with larger and more prolonged electrodermal responses to emotionally evocative pictures. In : *Psychophysiology*. septembre 2007. Vol. 44, n° 5, p. 823-826. DOI 10.1111/j.1469-8986.2007.00551.x.
- NOUCHI, Rui, TAKI, Yasuyuki, TAKEUCHI, Hikaru, HASHIZUME, Hiroshi, AKITSUKI, Yuko, SHIGEMUNE, Yayoi, SEKIGUCHI, Atsushi, KOTOZAKI, Yuka, TSUKIURA, Takashi, YOMOGIDA, Yukihito et KAWASHIMA, Ryuta, 2012. Brain Training Game Improves Executive Functions and Processing Speed in the Elderly: A Randomized Controlled Trial. In : ALEMÁN, Andr? (éd.), *PLoS ONE*. 11 janvier 2012. Vol. 7, n° 1, p. e29676. DOI 10.1371/journal.pone.0029676.
- OBSTFELDER, Aud, ENGESETH, Kjersti H et WYNN, Rolf, 2007. Characteristics of successfully implemented telemedical applications. In : *Implementation Science* [en ligne]. décembre 2007. Vol. 2, n° 1. [Consulté le 2 juillet 2017]. DOI 10.1186/1748-5908-2-25. Disponible à l'adresse : <http://implementationscience.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-5908-2-25>.
- OCHSNER, Kevin N., BUNGE, Silvia A., GROSS, James J. et GABRIELI, John D. E., 2002. Rethinking Feelings: An fMRI Study of the Cognitive Regulation of Emotion. In : *Journal of Cognitive Neuroscience*. novembre 2002. Vol. 14, n° 8, p. 1215-1229. DOI 10.1162/089892902760807212.
- OCHSNER, Kevin N., RAY, Rebecca D., COOPER, Jeffrey C., ROBERTSON, Elaine R., CHOPRA, Sita, GABRIELI, John D.E. et GROSS, James J., 2004. For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. In : *NeuroImage*. octobre 2004. Vol. 23, n° 2, p. 483-499. DOI 10.1016/j.neuroimage.2004.06.030.
- OHIRA, Hideki, NOMURA, Michio, ICHIKAWA, Naho, ISOWA, Tokiko, IIDAKA, Tetsuya, SATO, Atsushi, FUKUYAMA, Seisuke, NAKAJIMA, Toshihiko et YAMADA, Jitsuhiro, 2006. Association of neural and physiological responses during voluntary emotion suppression. In : *NeuroImage*. février 2006. Vol. 29, n° 3, p. 721-733. DOI 10.1016/j.neuroimage.2005.08.047.
- ORGETA, Vasiliki et PHILLIPS, Louise H., 2007. Effects of Age and Emotional Intensity on the Recognition of Facial Emotion. In : *Experimental Aging Research*. 26 décembre 2007. Vol. 34, n° 1, p. 63-79. DOI 10.1080/03610730701762047.
- OUSS, L., CARTON, S., JOUVENT, R. et WIDLÖCHER, D., 1990. [French translation and validation of Izard's differential emotion scale. Study of the verbal qualification of emotions]. In : *L'Encephale*. décembre 1990. Vol. 16, n° 6, p. 453-458.

- OVRETVEIT, J., SCOTT, T., RUNDALL, T. G., SHORTELL, S. M. et BROMMELS, M., 2007. Improving quality through effective implementation of information technology in healthcare. In : *International Journal for Quality in Health Care*. 1 août 2007. Vol. 19, n° 5, p. 259-266. DOI 10.1093/intqhc/mzm031.
- PADALA, Kalpana P., PADALA, Prasad R., MALLOY, Timothy R., GESKE, Jenenne A., DUBBERT, Patricia M., DENNIS, Richard A., GARNER, Kimberly K., BOPP, Melinda M., BURKE, William J. et SULLIVAN, Dennis H., 2012. Wii-Fit for Improving Gait and Balance in an Assisted Living Facility: A Pilot Study. In : *Journal of Aging Research*. 2012. Vol. 2012, p. 1-6. DOI 10.1155/2012/597573.
- PAIM, Crislaine Pires Padilha et GOLDMEIER, Silvia, 2017. Development of an Educational Game to Set Up Surgical Instruments on the Mayo Stand or Back Table: Applied Research in Production Technology. In : *JMIR Serious Games*. 10 janvier 2017. Vol. 5, n° 1, p. e1. DOI 10.2196/games.6048.
- PAIR, J., ALLEN, B., DAUTRICOURT, M., TRESKUNOV, A., LIEWER, M., GRAAP, K. et REGER, G., 2006. A Virtual Reality Exposure Therapy Application for Iraq War Post Traumatic Stress Disorder. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. 2006. p. 67-72. [Consulté le 3 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/1667628/>.
- PALLAVICINI, Federica, CIPRESSO, Pietro, RASPELLI, Simona, GRASSI, Alessandra, SERINO, Silvia, VIGNA, Cinzia, TRIBERTI, Stefano, VILLAMIRA, Marco, GAGGIOLI, Andrea et RIVA, Giuseppe, 2013. Is virtual reality always an effective stressors for exposure treatments? some insights from a controlled trial. In : *BMC Psychiatry* [en ligne]. décembre 2013. Vol. 13, n° 1. [Consulté le 7 août 2017]. DOI 10.1186/1471-244X-13-52. Disponible à l'adresse : <http://bmcp psychiatry.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-244X-13-52>.
- PALOMBA, D., SARLO, M., ANGRILLI, A., MINI, A. et STEGAGNO, L., 2000. Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. In : *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*. avril 2000. Vol. 36, n° 1, p. 45-57.
- PARSONS, Thomas D. et RIZZO, Albert A., 2008. Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: a meta-analysis. In : *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. septembre 2008. Vol. 39, n° 3, p. 250-261. DOI 10.1016/j.jbtep.2007.07.007.
- PASTOR, María A. et ARTIEDA, Julio (éd.), 1996. *Time, internal clocks, and movement*. Amsterdam ; New York : Elsevier. Advances in psychology, 115. ISBN 978-0-444-82114-0. BF468 .T55 1996
- PEDERSEN, Kenn Freddy, LARSEN, Jan Petter, ALVES, Guido et AARSLAND, Dag, 2009. Prevalence and clinical correlates of apathy in Parkinson's disease: A community-based study. In : *Parkinsonism & Related Disorders*. mai 2009. Vol. 15, n° 4, p. 295-299. DOI 10.1016/j.parkreldis.2008.07.006.
- PEERS, Polly V., SIMONS, Jon S. et LAWRENCE, Andrew D., 2013. Prefrontal control of attention to threat. In : *Frontiers in Human Neuroscience* [en ligne]. 2013. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnhum.2013.00024. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00024/abstract>.
- PELPHREY, K. A., 2005. Functional Anatomy of Biological Motion Perception in Posterior Temporal Cortex: An fMRI Study of Eye, Mouth and Hand Movements. In : *Cerebral Cortex*. 2 mars 2005. Vol. 15, n° 12, p. 1866-1876. DOI 10.1093/cercor/bhi064.
- PÉRON, Julie, GRANDJEAN, Didier, DRAPIER, Sophie et VÉRIN, Marc, 2014. Effect of Dopamine Therapy on Nonverbal Affect Burst Recognition in Parkinson's Disease. In : FLEMING, Sheila (éd.), *PLoS ONE*. 20 mars 2014. Vol. 9, n° 3, p. e90092. DOI 10.1371/journal.pone.0090092.
- PESSOA, L., MCKENNA, M., GUTIERREZ, E. et UNGERLEIDER, L. G., 2002. Neural processing of emotional faces requires attention. In : *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 20 août 2002. Vol. 99, n° 17, p. 11458-11463. DOI 10.1073/pnas.172403899.
- PESSOA, Luiz et UNGERLEIDER, Leslie G., 2004. Neuroimaging studies of attention and the processing of emotion-laden stimuli. In : *Progress in Brain Research* [en ligne]. S.l. : Elsevier. p. 171-182. [Consulté le 5 août 2017]. ISBN 978-0-444-50978-9. Disponible à l'adresse : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079612303144123>.

- PETERSEN, R. C., 2004. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. In : *Journal of Internal Medicine*. septembre 2004. Vol. 256, n° 3, p. 183-194. DOI 10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x.
- PHAN, K. Luan, FITZGERALD, Daniel A., NATHAN, Pradeep J., MOORE, Gregory J., UHDE, Thomas W. et TANCER, Manuel E., 2005. Neural substrates for voluntary suppression of negative affect: A functional magnetic resonance imaging study. In : *Biological Psychiatry*. février 2005. Vol. 57, n° 3, p. 210-219. DOI 10.1016/j.biopsych.2004.10.030.
- PHAN, K.Luan, WAGER, Tor, TAYLOR, Stephan F. et LIBERZON, Israel, 2002. Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. In : *NeuroImage*. juin 2002. Vol. 16, n° 2, p. 331-348. DOI 10.1006/nimg.2002.1087.
- PHILLIPS, Louise H., HENRY, Julie D., HOSIE, Judith A. et MILNE, Alan B., 2008. Effective regulation of the experience and expression of negative affect in old age. In : *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*. mai 2008. Vol. 63, n° 3, p. P138-145.
- PHILLIPS, Mary L., DREVETS, Wayne C., RAUCH, Scott L. et LANE, Richard, 2003. Neurobiology of emotion perception II: Implications for major psychiatric disorders. In : *Biological Psychiatry*. 1 septembre 2003. Vol. 54, n° 5, p. 515-528.
- PILLI, Raveendranadh, NAIDU, Mur, PINGALI, Usharani et SHOBHA, Jc, 2013. Evaluation of a new computerized psychometric test battery: Effects of zolpidem and caffeine. In : *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*. 2013. Vol. 4, n° 4, p. 247. DOI 10.4103/0976-500X.119710.
- PLUTCHIK, Robert, 1982. A psychoevolutionary theory of emotions. In : *Social Science Information*. juillet 1982. Vol. 21, n° 4-5, p. 529-553. DOI 10.1177/053901882021004003.
- POYATOS, Fernando (éd.), 1988. *Cross cultural perspectives in nonverbal communication*. Toronto : Hogrefe. ISBN 978-3-8017-0278-6.
- PUGH, George Edgin, 1977. *The biological origin of human values*. New York : Basic Books. ISBN 978-0-465-00687-8. BF778 .P83
- PUGH, Nicole E., HADJISTAVROPOULOS, Heather D. et DIRKSE, Dale, 2016. A Randomised Controlled Trial of Therapist-Assisted, Internet-Delivered Cognitive Behavior Therapy for Women with Maternal Depression. In : *PloS One*. 2016. Vol. 11, n° 3, p. e0149186. DOI 10.1371/journal.pone.0149186.
- RAHIMI, Bahlol, MOBERG, Anna, TIMPKA, Toomas et VIMARLUND, Vivian, 2008. Implementing an integrated computerized patient record system: Towards an evidence-based information system implementation practice in healthcare. In : *AMIA ... Annual Symposium proceedings. AMIA Symposium*. 6 novembre 2008. p. 616-620.
- RAMIREZ, Rafael, PALENCIA-LEFLER, Manel, GIRALDO, Sergio et VAMVAKOUSIS, Zacharias, 2015. Musical neurofeedback for treating depression in elderly people. In : *Frontiers in Neuroscience* [en ligne]. 2 octobre 2015. Vol. 9. [Consulté le 6 juillet 2017]. DOI 10.3389/fnins.2015.00354. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fnins.2015.00354/abstract>.
- RANDEREE, Ebrahim, 2007. Exploring Physician Adoption of EMRs: A Multi-Case Analysis. In : *Journal of Medical Systems*. 15 octobre 2007. Vol. 31, n° 6, p. 489-496. DOI 10.1007/s10916-007-9089-5.
- REVOL, M., FAURE, G., DELANNOY, P. et CLOUYE, G., 1975. [2 cases of perineal ectopic testis]. In : *Journal D'urologie Et De Nephrologie*. août 1975. Vol. 81, n° 7-8, p. 616-618.
- REZABEK, Landra et COCHENOUR, John, 1998. Visual Cues in Computer-Mediated Communication: Supplementing Text with Emoticons. In : *Journal of Visual Literacy*. janvier 1998. Vol. 18, n° 2, p. 201-215. DOI 10.1080/23796529.1998.11674539.
- RICHARDS, Derek et RICHARDSON, Thomas, 2012. Computer-based psychological treatments for depression: A systematic review and meta-analysis. In : *Clinical Psychology Review*. juin 2012. Vol. 32, n° 4, p. 329-342. DOI 10.1016/j.cpr.2012.02.004.

- RICHMAN, Wendy L., KIESLER, Sara, WEISBAND, Suzanne et DRASGOW, Fritz, 1999. A meta-analytic study of social desirability distortion in computer-administered questionnaires, traditional questionnaires, and interviews. In : *Journal of Applied Psychology*. 1999. Vol. 84, n° 5, p. 754-775. DOI 10.1037/0021-9010.84.5.754.
- RIMMINEN, Henry, LINDSTROM, Juha, LINNAVUO, Matti et SEPPONEN, Raimo, 2010. Detection of falls among the elderly by a floor sensor using the electric near field. In : *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. novembre 2010. Vol. 14, n° 6, p. 1475-1476. DOI 10.1109/TITB.2010.2051956.
- ROBERT, Philippe, BENOIT, Michel, RACHID, Guerchouche, PIERRE-DAVID, Petit, EMMANUELLE, Chapoulie, VALERIA, Manera, CHAURASIA, Gaurav et GEORGE, Drettakis, 2015. Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering. In : *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. mars 2015. p. 557. DOI 10.2147/NDT.S73179.
- ROBERT, Philippe H., 2011. For a unified definition of apathy. In : *Journal of Psychosomatic Research*. septembre 2011. Vol. 71, n° 3, p. 197. DOI 10.1016/j.jpsychores.2011.03.001.
- ROBERT, Philippe H., BERR, Claudine, VOLTEAU, Magali, BERTOGLIATI, Christelle, BENOIT, Michel, SARAZIN, M., LEGRAIN, Sylvie et DUBOIS, Bruno, 2006. Apathy in patients with mild cognitive impairment and the risk of developing dementia of Alzheimer's disease. In : *Clinical Neurology and Neurosurgery*. décembre 2006. Vol. 108, n° 8, p. 733-736. DOI 10.1016/j.clineuro.2006.02.003.
- ROBERT, Philippe H., K??NIG, Alexandra, AMIEVA, H??lene, ANDRIEU, Sandrine, BREMOND, Fran??ois, BULLOCK, Roger, CECCALDI, Mathieu, DUBOIS, Bruno, GAUTHIER, Serge, KENIGSBERG, Paul-Ariel, NAVE, St??phane, ORGOGOZO, Jean M., PIANO, Julie, BENOIT, Michel, TOUCHON, Jacques, VELLAS, Bruno, YESAVAGE, Jerome et MANERA, Valeria, 2014. Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty. In : *Frontiers in Aging Neuroscience* [en ligne]. 24 mars 2014. Vol. 6. [Consulté le 5 juillet 2017]. DOI 10.3389/fnagi.2014.00054. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2014.00054/abstract>.
- ROBERTS, G. C., 1975. The binding of substrates and inhibitors to dihydrofolate reductase. In : *Biochemical Society Transactions*. 1975. Vol. 3, n° 5, p. 630-631.
- RODRÍGUEZ, Alejandro, REY, Beatriz et ALCANÍZ, Mariano, 2013. Validation of a low-cost EEG device for mood induction studies. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2013. Vol. 191, p. 43-47.
- RODRIGUEZ, Alejandro, REY, Beatriz, VARA, Ma Dolores, WRZESIEN, Maja, ALCANIZ, Mariano, BANOS, Rosa Ma et PEREZ-LOPEZ, David, 2015. A VR-Based Serious Game for Studying Emotional Regulation in Adolescents. In : *IEEE Computer Graphics and Applications*. janvier 2015. Vol. 35, n° 1, p. 65-73. DOI 10.1109/MCG.2015.8.
- ROETHER, C. L., OMLOR, L., CHRISTENSEN, A. et GIESE, M. A., 2009. Critical features for the perception of emotion from gait. In : *Journal of Vision*. 1 juin 2009. Vol. 9, n° 6, p. 15-15. DOI 10.1167/9.6.15.
- ROUGIER, Caroline, AUVINET, Edouard, ROUSSEAU, Jacqueline, MIGNOTTE, Max et MEUNIER, Jean, 2011. Fall Detection from Depth Map Video Sequences. In : ABDULRAZAK, Bessam, GIROUX, Sylvain, BOUCHARD, Bruno, PIGOT, H??ne et MOKHTARI, Mounir (éd.), *Toward Useful Services for Elderly and People with Disabilities* [en ligne]. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg. p. 121-128. [Consulté le 5 juillet 2017]. ISBN 978-3-642-21534-6. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-21535-3_16.
- RUFFMAN, Ted, HENRY, Julie D., LIVINGSTONE, Vicki et PHILLIPS, Louise H., 2008. A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. In : *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. janvier 2008. Vol. 32, n° 4, p. 863-881. DOI 10.1016/j.neubiorev.2008.01.001.
- RUFFMAN, Ted, SULLIVAN, Susan et DITTRICH, Winand, 2009. Older adults' recognition of bodily and auditory expressions of emotion. In : *Psychology and Aging*. 2009. Vol. 24, n° 3, p. 614-622. DOI 10.1037/a0016356.

- RUIZ MORILLA, Maria Dolors, SANS, Mireia, CASASA, Albert et GIM?NEZ, Nuria, 2017. Implementing technology in healthcare: insights from physicians. In : *BMC Medical Informatics and Decision Making* [en ligne]. décembre 2017. Vol. 17, n° 1. [Consulté le 1 juillet 2017]. DOI 10.1186/s12911-017-0489-2. Disponible à l'adresse : <http://bmcmmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-017-0489-2>.
- RYAN, Melissa, MURRAY, Janice et RUFFMAN, Ted, 2009. Aging and the Perception of Emotion: Processing Vocal Expressions Alone and With Faces. In : *Experimental Aging Research*. 31 décembre 2009. Vol. 36, n° 1, p. 1-22. DOI 10.1080/03610730903418372.
- RYAN, Wayne J., WOODARD, Damon L., DUCHOWSKI, Andrew T. et BIRCHFIELD, Stan T., 2008. Adapting Starburst for Elliptical Iris Segmentation. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. 2008. p. 1-7. [Consulté le 6 août 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/4699340/>.
- SAMSON, Andrea C., HARDAN, Antonio Y., LEE, Ihno A., PHILLIPS, Jennifer M. et GROSS, James J., 2015. Maladaptive Behavior in Autism Spectrum Disorder: The Role of Emotion Experience and Emotion Regulation. In : *Journal of Autism and Developmental Disorders*. novembre 2015. Vol. 45, n° 11, p. 3424-3432. DOI 10.1007/s10803-015-2388-7.
- SÁNCHEZ-NAVARRO, Juan Pedro, MARTÍNEZ-SELVA, José María, ROMÁN, Francisco et GINESA, Torrente, 2006. The effect of content and physical properties of affective pictures on emotional responses. In : *The Spanish Journal of Psychology*. novembre 2006. Vol. 9, n° 2, p. 145-153.
- SANTOS, Natacha S., KUZMANOVIC, B., DAVID, N., ROTARSKA-JAGIELA, A., EICKHOFF, S.B., SHAH, J.N., FINK, G.R., BENTE, G. et VOGELY, K., 2010. Animated brain: A functional neuroimaging study on animacy experience. In : *NeuroImage*. octobre 2010. Vol. 53, n° 1, p. 291-302. DOI 10.1016/j.neuroimage.2010.05.080.
- SCHAEFER, Alexandre, NILS, Frédéric, SANCHEZ, Xavier et PHILIPPOT, Pierre, 2010. Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: A new tool for emotion researchers. In : *Cognition & Emotion*. novembre 2010. Vol. 24, n° 7, p. 1153-1172. DOI 10.1080/02699930903274322.
- SCHAEFER, Stacey M., JACKSON, Daren C., DAVIDSON, Richard J., AGUIRRE, Geoffrey K., KIMBERG, Daniel Y. et THOMPSON-SCHILL, Sharon L., 2002. Modulation of Amygdalar Activity by the Conscious Regulation of Negative Emotion. In : *Journal of Cognitive Neuroscience*. août 2002. Vol. 14, n° 6, p. 913-921. DOI 10.1162/089892902760191135.
- SCHEIBE, Susanne, SHEPPES, Gal et STAUDINGER, Ursula M., 2015. Distract or reappraise? Age-related differences in emotion-regulation choice. In : *Emotion*. 2015. Vol. 15, n° 6, p. 677-681. DOI 10.1037/a0039246.
- SCHMIDT, Norman B., RICHEY, J. Anthony, BUCKNER, Julia D. et TIMPANO, Kiara R., 2009. Attention training for generalized social anxiety disorder. In : *Journal of Abnormal Psychology*. 2009. Vol. 118, n° 1, p. 5-14. DOI 10.1037/a0013643.
- SCHNEIDER, Justine, SARRAMI FOROUSHANI, Pooria, GRIME, Paul et THORNICROFT, Graham, 2014. Acceptability of online self-help to people with depression: users' views of MoodGYM versus informational websites. In : *Journal of Medical Internet Research*. 28 mars 2014. Vol. 16, n° 3, p. e90. DOI 10.2196/jmir.2871.
- SCHUBART, Jane R., STUCKEY, Heather L., GANESHAMOORTHY, Ambika et SCIAMANNA, Christopher N., 2011. Chronic Health Conditions and Internet Behavioral Interventions: A Review of Factors to Enhance User Engagement. In : *CIN: Computers, Informatics, Nursing*. février 2011. Vol. 29, n° 2, p. 81-92. DOI 10.1097/NCN.0b013e3182065eed.
- SCHULENBERG, Stefan E. et YUTRZENKA, Barbara A., 2004. Ethical issues in the use of computerized assessment. In : *Computers in Human Behavior*. juillet 2004. Vol. 20, n° 4, p. 477-490. DOI 10.1016/j.chb.2003.10.006.
- SCHUYLER, Brianna S., KRAL, Tammi R. A., JACQUART, Jolene, BURGHEY, Cory A., WENG, Helen Y., PERLMAN, David M., BACHHUBER, David R. W., ROSENKRANZ, Melissa A., MACCOON, Donal G., VAN REEKUM, Carien M., LUTZ, Antoine et DAVIDSON, Richard J., 2014. Temporal dynamics of emotional

- responding: amygdala recovery predicts emotional traits. In : *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. février 2014. Vol. 9, n° 2, p. 176-181. DOI 10.1093/scan/nss131.
- SCHWENK, Krista A., CONTURE, Edward G. et WALDEN, Tedra A., 2007a. Reaction to background stimulation of preschool children who do and do not stutter. In : *Journal of Communication Disorders*. mars 2007. Vol. 40, n° 2, p. 129-141. DOI 10.1016/j.jcomdis.2006.06.003.
- SEQUEIRA, Henrique, HOT, Pascal, SILVERT, Laetitia et DELPLANQUE, Sylvain, 2009. Electrical autonomic correlates of emotion. In : *International Journal of Psychophysiology*. janvier 2009. Vol. 71, n° 1, p. 50-56. DOI 10.1016/j.ijpsycho.2008.07.009.
- SEQUIST, T. D., CULLEN, T., HAYS, H., TAUALII, M. M., SIMON, S. R. et BATES, D. W., 2007. Implementation and Use of an Electronic Health Record within the Indian Health Service. In : *Journal of the American Medical Informatics Association*. 1 mars 2007. Vol. 14, n° 2, p. 191-197. DOI 10.1197/jamia.M2234.
- SHACKMAN, Alexander J., SARINOPOULOS, Issidoros, MAXWELL, Jeffrey S., PIZZAGALLI, Diego A., LAVRIC, Aureliu et DAVIDSON, Richard J., 2006. Anxiety selectively disrupts visuospatial working memory. In : *Emotion*. 2006. Vol. 6, n° 1, p. 40-61. DOI 10.1037/1528-3542.6.1.40.
- SHAH, Lubna Bte Iskhandar, TORRES, Samantha, KANNUSAMY, Premarani, CHNG, Cecilia Mui Lee, HE, Hong-Gu et KLAININ-YOBAS, Piyanee, 2015. Efficacy of the virtual reality-based stress management program on stress-related variables in people with mood disorders: the feasibility study. In : *Archives of Psychiatric Nursing*. février 2015. Vol. 29, n° 1, p. 6-13. DOI 10.1016/j.apnu.2014.09.003.
- SHELINE, Y. I., BARCH, D. M., DONNELLY, J. M., OLLINGER, J. M., SNYDER, A. Z. et MINTUN, M. A., 2001. Increased amygdala response to masked emotional faces in depressed subjects resolves with antidepressant treatment: an fMRI study. In : *Biological Psychiatry*. 1 novembre 2001. Vol. 50, n° 9, p. 651-658.
- SHI, Zhuanghua, CHURCH, Russell M. et MECK, Warren H., 2013. Bayesian optimization of time perception. In : *Trends in Cognitive Sciences*. novembre 2013. Vol. 17, n° 11, p. 556-564. DOI 10.1016/j.tics.2013.09.009.
- SHIM, Kew-Cheol, PARK, Jong-Seok, KIM, Hyun-Sup, KIM, Jae-Hyun, PARK, Young-Chul et RYU, Hai-Il, 2003. Application of virtual reality technology in biology education. In : *Journal of Biological Education*. mars 2003. Vol. 37, n° 2, p. 71-74. DOI 10.1080/00219266.2003.9655854.
- SHIYKO, Mariya, HALLINAN, Sean, SEIF EL-NASR, Magy, SUBRAMANIAN, Shree et CASTANEDA-SCEPPA, Carmen, 2016. Effects of Playing a Serious Computer Game on Body Mass Index and Nutrition Knowledge in Women. In : *JMIR Serious Games*. 2 juin 2016. Vol. 4, n° 1, p. e8. DOI 10.2196/games.4977.
- SHOTTON, Jamie, SHARP, Toby, KIPMAN, Alex, FITZGIBBON, Andrew, FINOCCHIO, Mark, BLAKE, Andrew, COOK, Mat et MOORE, Richard, 2013. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. In : *Communications of the ACM*. 1 janvier 2013. Vol. 56, n° 1, p. 116. DOI 10.1145/2398356.2398381.
- SHUM, Hubert P. H., HO, Edmond S. L., JIANG, Yang et TAKAGI, Shu, 2013. Real-Time Posture Reconstruction for Microsoft Kinect. In : *IEEE Transactions on Cybernetics*. octobre 2013. Vol. 43, n° 5, p. 1357-1369. DOI 10.1109/TCYB.2013.2275945.
- SILVA, Hugo, FRED, Ana et LOURENCO, Andre, 2012. Electrodermal response propagation time as a potential psychophysiological marker. In : *Conference proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*. 2012. Vol. 2012, p. 6756-6759. DOI 10.1109/EMBC.2012.6347545.
- SILVERS, Jennifer A., SHU, Jocelyn, HUBBARD, Alexa D., WEBER, Jochen et OCHSNER, Kevin N., 2015. Concurrent and lasting effects of emotion regulation on amygdala response in adolescence and young adulthood. In : *Developmental Science*. septembre 2015. Vol. 18, n° 5, p. 771-784. DOI 10.1111/desc.12260.
- SILVERT, Laetitia, DELPLANQUE, Sylvain, BOUWALERH, Hammou, VERPOORT, Charlotte et SEQUEIRA, Henrique, 2004. Autonomic responding to aversive words without conscious valence discrimination. In : *International Journal of Psychophysiology*. juillet 2004. Vol. 53, n° 2, p. 135-145. DOI 10.1016/j.ijpsycho.2004.03.005.

- SIMS, Tamara, HOGAN, Candice L et CARSTENSEN, Laura L, 2015. Selectivity as an emotion regulation strategy: lessons from older adults. In : *Current Opinion in Psychology*. juin 2015. Vol. 3, p. 80-84. DOI 10.1016/j.copsy.2015.02.012.
- SJÖSTRÖM, Malin, UMEFJORD, Göran, STENLUND, Hans, CARLBRING, Per, ANDERSSON, Gerhard et SAMUELSSON, Eva, 2015. Internet-based treatment of stress urinary incontinence: 1- and 2-year results of a randomized controlled trial with a focus on pelvic floor muscle training. In : *BJU International*. décembre 2015. Vol. 116, n° 6, p. 955-964. DOI 10.1111/bju.13091.
- SMITH, Kylie A., IVERACH, Lisa, O'BRIAN, Susan, KEFALIANOS, Elaina et REILLY, Sheena, 2014. Anxiety of children and adolescents who stutter: A review. In : *Journal of Fluency Disorders*. juin 2014. Vol. 40, p. 22-34. DOI 10.1016/j.jfludis.2014.01.003.
- SMITH, Matthew J., SMITH, Justin D., FLEMING, Michael F., JORDAN, Neil, BROWN, C. Hendricks, HUMM, Laura, OLSEN, Dale et BELL, Morris D., 2017. Mechanism of Action for Obtaining Job Offers With Virtual Reality Job Interview Training. In : *Psychiatric Services*. juillet 2017. Vol. 68, n° 7, p. 747-750. DOI 10.1176/appi.ps.201600217.
- SMITH, R. J. et BRYANT, R. G., 1975. Metal substitutions in carbonic anhydrase: a halide ion probe study. In : *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 27 octobre 1975. Vol. 66, n° 4, p. 1281-1286.
- SNYDER, Claire F., WU, Albert W., MILLER, Robert S., JENSEN, Roxanne E., BANTUG, Elissa T. et WOLFF, Antonio C., 2011. The Role of Informatics in Promoting Patient-Centered Care: In : *The Cancer Journal*. juillet 2011. Vol. 17, n° 4, p. 211-218. DOI 10.1097/PPO.0b013e318225ff89.
- SOTRES-BAYON, F., 2004. Emotional Perseveration: An Update on Prefrontal-Amygdala Interactions in Fear Extinction. In : *Learning & Memory*. 1 septembre 2004. Vol. 11, n° 5, p. 525-535. DOI 10.1101/lm.79504.
- SPIEL, Ton et SCHURING, R.W. (éd.), 2006. *E-Health Systems Diffusion and Use: The Innovation, the User and the Use IT Model* [en ligne]. S.l. : IGI Global. [Consulté le 2 juillet 2017]. ISBN 978-1-59140-423-1. Disponible à l'adresse : <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-59140-423-1>.
- STAMPS, Kenyon et HAMAM, Yskandar, 2010. Towards Inexpensive BCI Control for Wheelchair Navigation in the Enabled Environment – A Hardware Survey. In : YAO, Yiyu, SUN, Ron, POGGIO, Tomaso, LIU, Jiming, ZHONG, Ning et HUANG, Jimmy (éd.), *Brain Informatics* [en ligne]. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg. p. 336-345. [Consulté le 6 juillet 2017]. ISBN 978-3-642-15313-6. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-15314-3_32.
- STASIEŃKO, Agnieszka et SARZYŃSKA-DŹUGOSZ, Iwona, 2016. Virtual Reality in Neurorehabilitation. In : *Advances in Rehabilitation* [en ligne]. 1 janvier 2016. Vol. 30, n° 4. [Consulté le 5 juillet 2017]. DOI 10.1515/rehab-2015-0056. Disponible à l'adresse : <http://www.degruyter.com/view/j/rehab.2016.30.issue-4/rehab-2015-0056/rehab-2015-0056.xml>.
- STEINER, Dirk D. et GILLILAND, Stephen W., 2001. Procedural Justice in Personnel Selection: International and Cross-Cultural Perspectives. In : *International Journal of Selection and Assessment*. mars 2001. Vol. 9, n° 1&2, p. 124-137. DOI 10.1111/1468-2389.00169.
- STOMMEL, Martin, BEETZ, Michael et XU, Weiliang, 2015. Model-Free Detection, Encoding, Retrieval, and Visualization of Human Poses From Kinect Data. In : *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. avril 2015. Vol. 20, n° 2, p. 865-875. DOI 10.1109/TMECH.2014.2322376.
- STRAWBRIDGE, W. J., SHEMA, S. J., BALFOUR, J. L., HIGBY, H. R. et KAPLAN, G. A., 1998. Antecedents of frailty over three decades in an older cohort. In : *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*. janvier 1998. Vol. 53, n° 1, p. S9-16.
- SUNDSTRÖM, Martin, 2011. Modeling recall memory for emotional objects in Alzheimer's disease. In : *Aging, Neuropsychology, and Cognition*. juillet 2011. Vol. 18, n° 4, p. 396-413. DOI 10.1080/13825585.2011.567324.
- SURBECK, W., HERBET, G. et DUFFAU, H., 2015. Sexuality after surgery for diffuse low-grade glioma. In : *Neuro-Oncology*. 1 avril 2015. Vol. 17, n° 4, p. 574-579. DOI 10.1093/neuonc/nou326.

- SUSSKIND, Joshua M, LEE, Daniel H, CUSI, Andrée, FEIMAN, Roman, GRABSKI, Wojtek et ANDERSON, Adam K, 2008. Expressing fear enhances sensory acquisition. In : *Nature Neuroscience*. juillet 2008. Vol. 11, n° 7, p. 843-850. DOI 10.1038/nn.2138.
- SZE, Jocelyn A., GOODKIND, Madeleine S., GYURAK, Anett et LEVENSON, Robert W., 2012. Aging and emotion recognition: Not just a losing matter. In : *Psychology and Aging*. 2012. Vol. 27, n° 4, p. 940-950. DOI 10.1037/a0029367.
- TANG, Wai Kwong, CAEIRO, Lara, LAU, Chieh Grace, LIANG, Huajun, MOK, Vincent, UNGVARI, Gabor S et WONG, Ka Sing, 2015. Apathy and suicide-related ideation 3 months after stroke: a cross-sectional study. In : *BMC Neurology* [en ligne]. décembre 2015. Vol. 15, n° 1. [Consulté le 6 août 2017]. DOI 10.1186/s12883-015-0323-3. Disponible à l'adresse : <http://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-015-0323-3>.
- TATENO, Masaru, TEO, Alan R., SHIRASAKA, Tomohiro, TAYAMA, Masaya, WATABE, Motoki et KATO, Takahiro A., 2016. Internet addiction and self-evaluated attention-deficit hyperactivity disorder traits among Japanese college students: Internet addiction and ADHD traits. In : *Psychiatry and Clinical Neurosciences*. décembre 2016. Vol. 70, n° 12, p. 567-572. DOI 10.1111/pcn.12454.
- TELZER, Eva H., FLANNERY, Jessica, HUMPHREYS, Kathryn L., GOFF, Bonnie, GABARD-DURMAN, Laurel, GEE, Dylan G. et TOTTENHAM, Nim, 2015. « The Cooties Effect »: Amygdala Reactivity to Opposite-versus Same-sex Faces Declines from Childhood to Adolescence. In : *Journal of Cognitive Neuroscience*. septembre 2015. Vol. 27, n° 9, p. 1685-1696. DOI 10.1162/jocn_a_00813.
- TEMPLIER, Lorraine, CHETOUANI, Mohamed, PLAZA, Monique, BELOT, Zoé, BOCQUET, Patrick et CHABY, Laurence, 2015. Altered identification with relative preservation of emotional prosody production in patients with Alzheimer's disease. In : *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*. mars 2015. n° 1, p. 106-115. DOI 10.1684/pnv.2015.0524.
- TESSITORE, Alessandro, HARIRI, Ahmad R., FERA, Francesco, SMITH, William G., CHASE, Thomas N., HYDE, Thomas M., WEINBERGER, Daniel R. et MATTAY, Venkata S., 2002. Dopamine modulates the response of the human amygdala: a study in Parkinson's disease. In : *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*. 15 octobre 2002. Vol. 22, n° 20, p. 9099-9103.
- THAKKAR, Minal et DAVIS, Diane C., 2006. Risks, barriers, and benefits of EHR systems: a comparative study based on size of hospital. In : *Perspectives in Health Information Management*. 14 août 2006. Vol. 3, p. 5.
- THOMASON, Moriah E., MARUSAK, Hilary A., TOCCO, Maria A., VILA, Angela M., MCGARRAGLE, Olivia et ROSENBERG, David R., 2015. Altered amygdala connectivity in urban youth exposed to trauma. In : *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. novembre 2015. Vol. 10, n° 11, p. 1460-1468. DOI 10.1093/scan/nsv030.
- THOMPSEN, Philip A. et FOULGER, Davis A., 1996. Effects of pictographs and quoting on flaming in electronic mail. In : *Computers in Human Behavior*. juin 1996. Vol. 12, n° 2, p. 225-243. DOI 10.1016/0747-5632(96)00004-0.
- THOMPSON, R. G., MOULIN, C. J. A., HAYRE, S. et JONES, R. W., 2005. Music enhances category fluency in healthy older adults and Alzheimer's disease patients. In : *Experimental Aging Research*. mars 2005. Vol. 31, n° 1, p. 91-99. DOI 10.1080/03610730590882819.
- THURMON, J. C., KUMAR, A. et CAWLEY, A. J., 1975. Changes in the acid base status of sheep anaesthetised with a combination of atropine sulphate acepromazine and ketamine hydrochloride. In : *Australian Veterinary Journal*. octobre 1975. Vol. 51, n° 10, p. 484-487.
- TIFRATENE, Karim, MANERA, Valeria, FABRE, Roxane, GROS, Auriane, THUMMLER, Susanne, PRADIER, Christian, ROBERT, Philippe et DAVID, Renaud, 2017. Antipsychotic prescribing for Alzheimer's disease and related disorders in specialized settings from 2010 to 2014 in France: a repeated cross-sectional study. In : *Alzheimer's Research & Therapy* [en ligne]. décembre 2017. Vol. 9, n° 1. [Consulté le 13 août 2017]. DOI 10.1186/s13195-017-0256-8. Disponible à l'adresse : <http://alzres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13195-017-0256-8>.

- TODD, Rebecca M., EVANS, Jennifer W., MORRIS, Drew, LEWIS, Marc D. et TAYLOR, Margot J., 2011. The changing face of emotion: age-related patterns of amygdala activation to salient faces. In : *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. janvier 2011. Vol. 6, n° 1, p. 12-23. DOI 10.1093/scan/nsq007.
- TOMKINS, Silvan S., 1980. AFFECT AS AMPLIFICATION: SOME MODIFICATIONS IN THEORY. In : *Theories of Emotion* [en ligne]. S.l. : Elsevier. p. 141-164. [Consulté le 3 août 2017]. ISBN 978-0-12-558701-3. Disponible à l'adresse : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780125587013500120>.
- TONG, Tiffany, CHIGNELL, Mark, TIERNEY, Mary C. et LEE, Jacques, 2016. A Serious Game for Clinical Assessment of Cognitive Status: Validation Study. In : *JMIR Serious Games*. 27 mai 2016. Vol. 4, n° 1, p. e7. DOI 10.2196/games.5006.
- TONG JIJUN, ZHANG PENG, XIAO RAN et DING LEI, 2015. The portable P300 dialing system based on tablet and Emotiv EPOC headset. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. août 2015. p. 566-569. [Consulté le 6 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/7318425/>.
- TORRES, Bianca, SANTOS, Raquel Luiza, SOUSA, Maria Fernanda Barroso de, SIMÕES NETO, José Pedro, NOGUEIRA, Marcela Moreira Lima, BELFORT, Tatiana T., DIAS, Rachel et DOURADO, Marcia Cristina Nascimento, 2015. Facial expression recognition in Alzheimer's disease: a longitudinal study. In : *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. mai 2015. Vol. 73, n° 5, p. 383-389. DOI 10.1590/0004-282X20150009.
- TRACY, Jessica L., ROBINS, Richard W. et LAGATTUTA, Kristin H., 2005. Can children recognize pride? In : *Emotion*. 2005. Vol. 5, n° 3, p. 251-257. DOI 10.1037/1528-3542.5.3.251.
- TREUE, S. et MARTÍNEZ TRUJILLO, J. C., 1999. Feature-based attention influences motion processing gain in macaque visual cortex. In : *Nature*. 10 juin 1999. Vol. 399, n° 6736, p. 575-579. DOI 10.1038/21176.
- TSOLAKI, Magda, ZYGOURIS, Stelios, LAZAROU, Ioulietta, KOMPATSIARIS, Ioannis, CHATZILEONTIADIS, Leontios, VOTIS, Constantinos, TZOVARAS, Dimitrios, KARAKOSTAS, Anastasios, KARAGKIOZI, Constantina, DIMITRIOU, Tatianna, TSIATSIOS, Thasyvoulos, DIMITRIADIS, Stavros, TARNANAS, Ioannis, DRANIDIS, Dimitris et BAMIDIS, Panagiotis, 2015. Our experience with informative and communication technologies (ICT) in dementia. In : *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*. décembre 2015. Vol. 18 Suppl 1, p. 131-139.
- TUNNARD, C., WHITEHEAD, D., HURT, C., WAHLUND, Lo., MECOCCI, P., TSOLAKI, M., VELLAS, B., SPENGER, C., KŁOSZEWSKA, I., SOININEN, H., LOVESTONE, S., SIMMONS, A. et ON BEHALF OF THE ADDNEUROMED CONSORTIUM, 2011. Apathy and cortical atrophy in Alzheimer's disease. In : *International Journal of Geriatric Psychiatry*. juillet 2011. Vol. 26, n° 7, p. 741-748. DOI 10.1002/gps.2603.
- TURKLE, Sherry, 1997. *Life on the screen: identity in the age of the Internet*. 1. Touchstone ed. New York, NY : Touchstone. A Touchstone book. ISBN 978-0-684-83348-4.
- TURNER, Susan, HUANG, Chih-Wei, BURROWS, Luke et TURNER, Phil, 2016. Make-Believing Virtual Realities. In : TURNER, Phil et HARVIAINEN, J. Tuomas (éd.), *Digital Make-Believe* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. p. 27-47. [Consulté le 3 juillet 2017]. ISBN 978-3-319-29551-0. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-29553-4_3.
- TYRER, P., OWEN, R. T. et CICCHETTI, D. V., 1984. The brief scale for anxiety: a subdivision of the comprehensive psychopathological rating scale. In : *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. septembre 1984. Vol. 47, n° 9, p. 970-975.
- UEDA, Tomomi, SUZUKAMO, Yoshimi, SATO, Mai et IZUMI, Shin-Ichi, 2013. Effects of music therapy on behavioral and psychological symptoms of dementia: a systematic review and meta-analysis. In : *Ageing Research Reviews*. mars 2013. Vol. 12, n° 2, p. 628-641. DOI 10.1016/j.arr.2013.02.003.
- ULRICH, Rolf, NITSCHKE, Judith et RAMMSAYER, Thomas, 2006. Perceived duration of expected and unexpected stimuli. In : *Psychological Research Psychologische Forschung*. mars 2006. Vol. 70, n° 2, p. 77-87. DOI 10.1007/s00426-004-0195-4.

- URGESI, Cosimo, AGLIOTI, Salvatore M., SKRAP, Miran et FABBRO, Franco, 2010. The Spiritual Brain: Selective Cortical Lesions Modulate Human Self-Transcendence. In : *Neuron*. février 2010. Vol. 65, n° 3, p. 309-319. DOI 10.1016/j.neuron.2010.01.026.
- URRY, H. L., 2006. Amygdala and Ventromedial Prefrontal Cortex Are Inversely Coupled during Regulation of Negative Affect and Predict the Diurnal Pattern of Cortisol Secretion among Older Adults. In : *Journal of Neuroscience*. 19 avril 2006. Vol. 26, n° 16, p. 4415-4425. DOI 10.1523/JNEUROSCI.3215-05.2006.
- VALARINO, F. et PEREZ-LOPEZ, R., 1976. Lorazepam and diazepam in the treatment of neurotic anxiety: a double-blind trial. In : *Diseases of the Nervous System*. février 1976. Vol. 37, n° 2, p. 58-61.
- VALSTAR, M. F., MEHU, M., BIHAN JIANG, PANTIC, M. and SCHERER, K., 2012. Meta-Analysis of the First Facial Expression Recognition Challenge. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*. August 2012. Vol. 42, no. 4, p. 966–979. DOI 10.1109/TSMCB.2012.2200675.
- VAN REEKUM, R., 2005. Apathy: Why Care? In : *Journal of Neuropsychiatry*. 1 février 2005. Vol. 17, n° 1, p. 7-19. DOI 10.1176/appi.neuropsych.17.1.7.
- VANNI, F., CONVERSANO, C., DEL DEBBIO, A., LANDI, P., CARLINI, M., FANCIULLACCI, C., BERGAMASCO, M., DI FIORINO, A. and DELL'OSSO, L., 2013. A survey on virtual environment applications to fear of public speaking. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. June 2013. Vol. 17, no. 12, p. 1561–1568. PMID: 23832719
- VICO, Cynthia, GUERRA, Pedro, ROBLES, Humbelina, VILA, Jaime et ANLLO-VENTO, Lourdes, 2010. Affective processing of loved faces: Contributions from peripheral and central electrophysiology. In : *Neuropsychologia*. août 2010. Vol. 48, n° 10, p. 2894-2902. DOI 10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.031.
- VIEILLARD, Sandrine, HARM, Jonathan et BIGAND, Emmanuel, 2015. Expressive suppression and enhancement during music-elicited emotions in younger and older adults. In : *Frontiers in Aging Neuroscience* [en ligne]. 18 février 2015. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnagi.2015.00011. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fnagi.2015.00011/abstract>.
- VYTAL, Katherine E., CORNWELL, Brian R., LETKIEWICZ, Allison M., ARKIN, Nicole E. et GRILLON, Christian, 2013. The complex interaction between anxiety and cognition: insight from spatial and verbal working memory. In : *Frontiers in Human Neuroscience* [en ligne]. 2013. Vol. 7. [Consulté le 5 août 2017]. DOI 10.3389/fnhum.2013.00093. Disponible à l'adresse : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00093/abstract>.
- VU, Van-Thanh, BREMOND, Francois et THONNAT, Monique. 2003. Automatic video interpretation: a novel algorithm for temporal scenario recognition. In *Proceedings of the 18th international joint conference on Artificial intelligence (IJCAI'03)*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1295-1300.
- WADMAN, Ruth, DURKIN, Kevin et CONTI-RAMSDEN, Gina, 2011. Social stress in young people with specific language impairment. In : *Journal of Adolescence*. juin 2011. Vol. 34, n° 3, p. 421-431. DOI 10.1016/j.adolescence.2010.06.010.
- WADSWORTH, Lauren P., LORIUS, Natacha, DONOVAN, Nancy J., LOCASCIO, Joseph J., RENTZ, Dorene M., JOHNSON, Keith A., SPERLING, Reisa A. et MARSHALL, Gad A., 2012. Neuropsychiatric symptoms and global functional impairment along the Alzheimer's continuum. In : *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2012. Vol. 34, n° 2, p. 96-111. DOI 000342119.
- WALBERT, Tobias et CHASTEEN, Kristen, 2015. Palliative and Supportive Care for Glioma Patients. In : RAIZER, Jeffrey et PARSA, Andrew (éd.), *Current Understanding and Treatment of Gliomas* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. p. 171-184. [Consulté le 6 août 2017]. ISBN 978-3-319-12047-8. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-12048-5_11.
- WALD, Ilan, DEGNAN, Kathryn A., GORODETSKY, Elena, CHARNEY, Dennis S., FOX, Nathan A., FRUCHTER, Eyal, GOLDMAN, David, LUBIN, Gad, PINE, Daniel S. et BAR-HAIM, Yair, 2013. Attention to Threats and Combat-Related Posttraumatic Stress Symptoms: Prospective Associations and Moderation by the Serotonin Transporter Gene. In : *JAMA Psychiatry*. 1 avril 2013. Vol. 70, n° 4, p. 401. DOI 10.1001/2013.jamapsychiatry.188.

- WALTHER, J. B. et D'ADDARIO, K. P., 2001. The Impacts of Emoticons on Message Interpretation in Computer-Mediated Communication. In : *Social Science Computer Review*. 1 août 2001. Vol. 19, n° 3, p. 324-347. DOI 10.1177/089443930101900307.
- WANG, Liz C, BAKER, Julie, WAGNER, Judy A et WAKEFIELD, Kirk, 2007. Can a Retail Web Site Be Social? In : *Journal of Marketing*. juillet 2007. Vol. 71, n° 3, p. 143-157. DOI 10.1509/jmkg.71.3.143.
- WATSON, D., CLARK, L. A. et TELLEGEN, A., 1988. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. In : *Journal of Personality and Social Psychology*. juin 1988. Vol. 54, n° 6, p. 1063-1070.
- WATSON, David et CLARK, Lee A., 1992. Affects separable and inseparable: On the hierarchical arrangement of the negative affects. In : *Journal of Personality and Social Psychology*. 1992. Vol. 62, n° 3, p. 489-505. DOI 10.1037//0022-3514.62.3.489.
- WEBB, Thomas L., MILES, Eleanor et SHEERAN, Paschal, 2012. Dealing with feeling: A meta-analysis of the effectiveness of strategies derived from the process model of emotion regulation. In : *Psychological Bulletin*. 2012. Vol. 138, n° 4, p. 775-808. DOI 10.1037/a0027600.
- WEISFELD, Glenn et GOETZ, Stefan, 2013. Applying Evolutionary Thinking to the Study of Emotion. In : *Behavioral Sciences*. 17 juillet 2013. Vol. 3, n° 3, p. 388-407. DOI 10.3390/bs3030388.
- WERHEID, Katja, MCDONALD, Rebecca S., SIMMONS-STERN, Nicholas, ALLY, Brandon A. et BUDSON, Andrew E., 2011. Familiar smiling faces in Alzheimer's disease: Understanding the positivity-related recognition bias. In : *Neuropsychologia*. août 2011. Vol. 49, n° 10, p. 2935-2940. DOI 10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.022.
- WHITTEN, Pamela et SYPHER, Beverly Davenport, 2006. Evolution of Telemedicine from an Applied Communication Perspective in the United States. In : *Telemedicine and e-Health*. octobre 2006. Vol. 12, n° 5, p. 590-600. DOI 10.1089/tmj.2006.12.590.
- WIEDERHOLD, Brenda K., BOYD, Chelsie, SULEA, Camelia, GAGGIOLI, Andrea et RIVA, Giuseppe, 2014. Marketing analysis of a positive technology app for the self-management of psychological stress. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2014. Vol. 199, p. 83-87.
- WIJNHOFEN, Lieke A. M. W., CREEMERS, Daan H. M., ENGELS, Rutger C. M. E. et GRANIC, Isabela, 2015. The effect of the video game Mindlight on anxiety symptoms in children with an Autism Spectrum Disorder. In : *BMC Psychiatry* [en ligne]. décembre 2015. Vol. 15, n° 1. [Consulté le 8 juillet 2017]. DOI 10.1186/s12888-015-0522-x. Disponible à l'adresse : <http://bmcp psychiatry.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12888-015-0522-x>.
- WINTON, Ward M, PUTNAM, Lois E et KRAUSS, Robert M, 1984. Facial and autonomic manifestations of the dimensional structure of emotion. In : *Journal of Experimental Social Psychology*. mai 1984. Vol. 20, n° 3, p. 195-216. DOI 10.1016/0022-1031(84)90047-7.
- WOLF, Alecia, 2000. Emotional Expression Online: Gender Differences in Emoticon Use. In : *CyberPsychology & Behavior*. octobre 2000. Vol. 3, n° 5, p. 827-833. DOI 10.1089/10949310050191809.
- WON, Andrea Stevenson, BAIENSON, Jeremy N., STATHATOS, Suzanne C. et DAI, Wenqing, 2014. Automatically Detected Nonverbal Behavior Predicts Creativity in Collaborating Dyads. In : *Journal of Nonverbal Behavior*. septembre 2014. Vol. 38, n° 3, p. 389-408. DOI 10.1007/s10919-014-0186-0.
- WONG, Bonnie, CRONIN-GOLOMB, Alice et NEARGARDER, Sandy, 2005. Patterns of Visual Scanning as Predictors of Emotion Identification in Normal Aging. In : *Neuropsychology*. 2005. Vol. 19, n° 6, p. 739-749. DOI 10.1037/0894-4105.19.6.739.
- WROBEL, J., PINO, M., WARGNIER, P. et RIGAUD, A.-S., 2014. Robots et agents virtuels au service des personnes âgées : une revue de l'actualité en gérontechnologie. In : *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*. août 2014. Vol. 14, n° 82, p. 184-193. DOI 10.1016/j.npg.2014.02.007.

- WU, Ge, 2000. Distinguishing fall activities from normal activities by velocity characteristics. In : *Journal of Biomechanics*. novembre 2000. Vol. 33, n° 11, p. 1497-1500. DOI 10.1016/S0021-9290(00)00117-2.
- XING, Cai et ISAACOWITZ, Derek M., 2006. Aiming at Happiness: How Motivation Affects Attention to and Memory for Emotional Images. In : *Motivation and Emotion*. 4 novembre 2006. Vol. 30, n° 3, p. 243-250. DOI 10.1007/s11031-006-9032-y.
- YAMAGUCHI, H., MAKI, Y. et TAKAHASHI, K., 2011. Rehabilitation for dementia using enjoyable video-sports games. In : *International Psychogeriatrics*. mai 2011. Vol. 23, n° 4, p. 674-676. DOI 10.1017/S1041610210001912.
- YANG, Jiongjiong, BELLGOWAN, Patrick S.F. et MARTIN, Alex, 2012. Threat, domain-specificity and the human amygdala. In : *Neuropsychologia*. septembre 2012. Vol. 50, n° 11, p. 2566-2572. DOI 10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.001.
- YAO, Nisha, YU, Hongyu, QIAN, Mingyi and LI, Songwei, 2015. Does attention redirection contribute to the effectiveness of attention bias modification on social anxiety? *Journal of Anxiety Disorders*. December 2015. Vol. 36, p. 52–62. DOI 10.1016/j.janxdis.2015.09.006.
- YEH, Shih-Ching, NEWMAN, Brad, LIEWER, Matt, PAIR, Jarrell, TRESKUNOV, Anton, REGER, Greg, ROTHBAUM, Barbara, DIFEDE, JoAnn, SPITALNICK, Josh, MCLAY, Rob, PARSONS, Thomas et RIZZO, Albert, 2009. A Virtual Iraq System for the Treatment of Combat-Related Posttraumatic Stress Disorder. In : [en ligne]. S.l. : IEEE. mars 2009. p. 163-170. [Consulté le 3 juillet 2017]. Disponible à l'adresse : <http://ieeexplore.ieee.org/document/4811017/>.
- YOSHINO, Aihide, KIMURA, Yoshie, YOSHIDA, Takeshi, TAKAHASHI, Yoshitomo et NOMURA, Soichiro, 2005. Relationships between temperament dimensions in personality and unconscious emotional responses. In : *Biological Psychiatry*. janvier 2005. Vol. 57, n° 1, p. 1-6. DOI 10.1016/j.biopsych.2004.09.027.
- YOUNG, K. S., 2004. Internet Addiction: A New Clinical Phenomenon and Its Consequences. In : *American Behavioral Scientist*. 1 avril 2004. Vol. 48, n° 4, p. 402-415. DOI 10.1177/0002764204270278.
- ZHANG, Fan, HO, YuanWan et FUNG*, Helene H., 2015. Learning from Normal Aging: Preserved Emotional Functioning Facilitates Adaptation among Early Alzheimer's Disease Patients. In : *Aging and Disease*. 2015. Vol. 6, n° 3, p. 208. DOI 10.14336/AD.2014.0620.
- ZHAO, Hongyi, TANG, Weijun, XU, Xueyuan, ZHAO, Zhongxin et HUANG, Liuqing, 2014. Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Apathy in Alzheimer's Disease. In : *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*. janvier 2014. Vol. 26, n° 2, p. 134-141. DOI 10.1176/appi.neuropsych.12110261.
- ZHOU, Yanyan, ZHU, Haiyan, JIN, Xinyi, LI, Xinyu, ZHANG, Meng, ZHANG, Feng et SHEN, Mowei, 2012. Biased attention towards negative schematic expression in abstinent heroin abusers. In : *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. juin 2012. Vol. 43, n° 2, p. 705-710. DOI 10.1016/j.jbtep.2011.10.004.
- ZOUBA, N., BREMOND, F., THONNAT, M., ANFOSSO, A., PASCUAL, é., MALLÉA, P., MAILLAND, V. et GUERIN, O., 2009. A computer system to monitor older adults at home: Preliminary results. In : *Gerontechnology* [en ligne]. 1 juillet 2009. Vol. 8, n° 3. [Consulté le 29 mai 2017]. DOI 10.4017/gt.2009.08.03.011.00. Disponible à l'adresse : <http://gerontechnology.info/index.php/journal/article/view/1035>.
- ZIGEL, Y., LITVAK, D. et GANNOT, I., 2009. A Method for Automatic Fall Detection of Elderly People Using Floor Vibrations and Sound; Proof of Concept on Human Mimicking Doll Falls. In : *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. décembre 2009. Vol. 56, n° 12, p. 2858-2867. DOI 10.1109/TBME.2009.2030171.
- ZURITA, Laura et NØHR, Christian, 2004. Patient opinion--EHR assessment from the users perspective. In : *Studies in Health Technology and Informatics*. 2004. Vol. 107, n° Pt 2, p. 1333-1336.

Annexes



Recommendations for the Use of ICT in Elderly Populations with Affective Disorders

Auriane Gros^{1,2,3*}, David Bensamoun^{2,4}, Valeria Manera², Roxane Fabre^{3,5}, Anne-Marie Zacconi-Cauvin², Susanne Thummler², Michel Benoit^{2,4}, Philippe Robert^{2,3} and Renaud David^{2,3}

¹ Département de Neurologie, Centre Mémoire de Ressources et de Recherche, Centre Hospitalier Universitaire de Dijon, Dijon, France, ² CoBTeK (Cognition—Behaviour—Technology), University of Nice Sophia Antipolis, Nice, France, ³ Centre Edmond et Lily Safra pour la Recherche sur la Maladie d'Alzheimer, Centre Mémoire de Ressources et de Recherche, Institut Claude Pompidou, Centre Hospitalier Universitaire de Nice, Nice, France, ⁴ Département de Psychiatrie, Hôpital Pasteur, Centre Hospitalier Universitaire de Nice, Nice, France, ⁵ Département de Santé Publique, Hôpital L'Archet, Centre Hospitalier Universitaire de Nice, Nice, France

Objective: Affective disorders are frequently encountered among elderly populations, and the use of information and communication technologies (ICT) could provide an added value for their recognition and assessment in addition to current clinical methods. The diversity and lack of consensus in the emerging field of ICTs is however a strong limitation for their global use in daily practice. The aim of the present article is to provide recommendations for the use of ICTs for the assessment and management of affective disorders among elderly populations with or without dementia.

Methods: A Delphi panel was organized to gather recommendations from experts in the domain. A set of initial general questions for the use of ICT in affective disorders was used to guide the discussion of the expert panel and to analyze the Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT) of employing ICT in elderly populations with affective disorders. Based on the results collected from this first round, a web survey was sent to local general practitioners (GPs) and to all interns in psychiatry in France.

Results: The results of the first round revealed that ICT may offer very useful tools for practitioners involved in the diagnosis and management of affective disorders. However, the results of the web survey showed the interest to explain better to current and upcoming practitioners the utility of ICT especially for people living with dementia.

Keywords: information and communication technology, serious games, elderly, affective disorders, anxiety, depression, dementia, Alzheimer's disease

OPEN ACCESS

Edited by:

Ying Xu,
University at Buffalo, USA

Reviewed by:

Gianfranco Spalletta,
Fondazione Santa Lucia (IRCCS),
Italy
Michele Fomaro,
New York State Psychiatric Institute,
Columbia University, USA

*Correspondence:

Auriane Gros
gros.a2@chu-nice.fr

Received: 19 August 2016

Accepted: 24 October 2016

Published: 08 November 2016

Citation:

Gros A, Bensamoun D, Manera V, Fabre R, Zacconi-Cauvin A-M, Thummler S, Benoit M, Robert P and David R (2016) Recommendations for the Use of ICT in Elderly Populations with Affective Disorders. *Front. Aging Neurosci.* 8:269. doi: 10.3389/fnagi.2016.00269

INTRODUCTION

ICT in Aging Populations

Information and communication technologies (ICT) currently represent pervasive assistive tools for our daily life, and their use is fast growing also in the health domain, where they can improve diagnosis and stimulation strategies in many medical fields. In neuropsychiatry, the development of ICT is changing the use of conventional assessment methods, by progressively integrating computer technologies in their methods of administration, in order to obtain

a more reliable and reproducible assessment (Epstein and Klinkenberg, 2001). Currently investigated ICT solutions are mainly numeric solutions (computerized tests, virtual reality (VR) environments, Serious Games) or technology solutions such as wearable sensors that are able to measure physiological parameters (heartbeat, sudation, respiratory frequency, electroencephalogram (EEG), sleep quality, posture and walking quality), or environmental sensors.

For example ICT includes:

- Computerized cognitive tests: they are more and more suited to tactile tablet format and can be used in nursing homes and also at home (Brown et al., 2016).
- Serious games: they allow the management and training of different cognitive deficits (Robert et al., 2016).
- Virtual reality: it is used particularly in the training of visuospatial abilities, memory functions, attention, speed monitoring (Legault et al., 2013) and also in the management of behavioral disorders. Note that adjustments should be taken into account in the VR for the elderly (Robert et al., 2015).
- Wearable sensors and environmental sensors: they can be used for the evaluation of walking abilities (Moufawad El Achkar et al., 2016), to assess the risk of fall (Howcroft et al., 2016), to detect and manage sleep disorders (Lazarou et al., 2016). Wearable sensors can also be used in the assessment and management of affective disorders. For example it has been demonstrated that feedback measurement of the heart rate (HR) by the patient could reduce his stress state (Schaefer et al., 2014). In elderly populations, the use of ICTs may have some drawbacks. First, ICT require IT equipment and maintenance. Second, ICT may be unsuitable for elderly people with physical or sensory disabilities. Third, it has been claimed that there is a major generational limitation considering the potential lack of interest, habits and motivation for new and numeric technologies for elderly people (Naus et al., 2009). However, evidence collected so far did not reveal any particular interest or motivational problem in comparison with young people (Canini et al., 2014). Rather, it has been shown that computerized tests were perceived as more reliable and more comfortable than traditional tests also for elderly people (Kleinman et al., 2001; Greenwood et al., 2006; Millsopp et al., 2006).

Despite several aforementioned limitations, scientific literature on ICT is reporting an increasing number of studies using ICT dedicated to different health-related conditions. In the field of aging, recommendations for the use of ICT and Serious Games have been recently proposed in order to provide new insights and marks in this emerging field for the diagnosis and management of frailty and dementia (Robert et al., 2013, 2014; König et al., 2015).

ICTs may also constitute an added value for the assessment and follow-up of several clinical parameters for which evaluation biases are commonly reported. This is particularly true for neuropsychiatric symptoms, for which there is: (1) a lack of objectivity of current assessment questionnaires and interviews; (2) subjectivity linked to the patient's self-reports; (3) subjectivity of the rater; (4) cultural differences in symptoms

expressivity; (5) agnosia due to cognitive impairment (Orfei et al., 2010); and (6) lack of awareness of disorders due to neuropsychiatric symptoms (Dias et al., 2008). Elderly individuals might additionally present cognitive disturbances like skewing their insight. In terms of cognitive symptoms, a more accurate assessment also appears necessary because it has been shown that patients with complaints not confirmed by tests currently available were at higher risk of developing dementia (Jessen, 2014; Mitchell et al., 2014; Piras et al., 2016).

For affective disorders, several authors have already reported promising results to improve the quality of assessment methods with the integration of physiological parameters of emotional states: voice analysis showing specific patterns in depressed individuals (Mundt et al., 2007; Moore et al., 2008; Scherer et al., 2013), reduced P300-EEG wave amplitude in depressed subjects (Patrick et al., 2006) and P50-EEG wave suppression deficits in patients with bipolar disorder with psychotic symptoms (Schulze et al., 2007), indirect measurement of apathy levels using ambulatory actigraphy (David et al., 2012), increased skin conductance associated to anxiety levels (Marko, 2016), HR decrease associated to major depressive disorders (MDDs; Kemp et al., 2010 and Kemp, 2012).

Despite previous results, affective disorders may have specific characteristics in aging populations that need to be taken into account to provide dedicated ICT-based solutions.

Clinical Characteristics of Affective Disorders in Aging

In elderly populations, affective disorders may have specific clinical symptoms compared to younger adults (Valiengo et al., 2016) and often constitute early clinical symptoms of dementia that may precede cognitive disturbances. The two most prevalent affective disorders in elderly populations are MDDs and apathy, followed by generalized anxiety disorder. It has also been shown that individuals with amnesic-Mild Cognitive Impairment (MCI) and apathy will more likely progress to Alzheimer Disease (AD; Palmer et al., 2010) and that apathy is a highly reliable predictor for mortality (Spalletta et al., 2015). So, in aging populations, one in four currently have a mental disorder and the most prevalent disorders were anxiety disorders (Andreas et al., 2016). In aging populations, anxiety can often present with atypical symptoms (compared to younger adults) such as yelling, repetitive questioning, wandering, tremor and repetitive movements fear to be left alone, person's following.

Depression is frequently over diagnosed in elderly populations due to the clinical misdiagnosis with apathy. Apathy is a core symptom of depression, associated to sadness, and is frequently observed in aging. Persons with persistent apathy were less likely to recover from depression than those who remitted from apathy and persistent apathy was associated with worse outcome of depression (Groeneweg-Koolhoven et al., 2016). Apathy is overlapping with other psychiatric and neurodegenerative conditions and it was conceptually ill

defined (Starkstein and Leentjens, 2008). A unified definition as well as diagnostic criteria have been proposed directly derived from Marin and Starkstein. The major point is the presence of three distinct dimensions of apathy: the cognitive dimension, the behavioral dimension and the emotional dimension. The presence of apathy may be explained by both age-related brain changes and successive life events (reduced life expectations, retirement, physical frailty) and is often the clinical prevailing characteristic of depression among elderly individuals, whereas mood sadness is, on the contrary, frequently observed among younger adults with depression.

Several age-related biological changes that usually interfere with stress and affective phenomenology, such as the hypothalamo-pituitary axis (likely to be less downregulated in aging) with changes in chronic cortisol secretions, may also partially explain the variability in affective expressivity across ages (Lenze and Wetherell, 2011).

Towards Recommendations for the Use of ICTs in Elderly Populations' Affective Disorders

The presence of cognitive disturbances and eventually anosognosia often leads to assessment issues when interviewing elderly individuals with affective symptoms. Current assessment methods for affective disorders, mainly relying on interviews and questionnaires with the patient and the family caregivers, may lack objectivity especially when patient's and/or caregiver's insight is impaired, despite this they have usually been validated and are currently used in daily clinical practice. Also higher levels of burden related to care were associated with higher levels of perceived stress and cognitive difficulties experienced which shows that stress and burden of caregivers makes judgment difficult (Luchesi et al., 2016). Additionally, the patient's presentation during the consultation with the physician may differ from the daily expressed symptoms leading to symptoms misidentification for the clinician. Several symptoms may also have nighttime expressivity that is not easy to assess in daily routine with outpatients. Currently emotions are mainly evaluated using self-questionnaires in which the patient assesses his/her own emotional state.

However, "pencil-paper" tests can encompass differences in instructions depending on the evaluators, consecutive errors in manual data entry, and errors in the transfer of such data to statistical software. To reduce these biases and to obtain a more reliable assessment of a given construct, ICTs have enabled the development of computer-based testing (Epstein and Klinkenberg, 2001). It is recognized that these computerized tests meet certain requirements such as homogenization in terms of similarities in the instructions (Barak, 1999), a playful interface inducing more positive reactions than traditional procurements (Steiner and Gilliland, 2001; Anderson, 2003; Huang, 2006; Naus et al., 2009), reduced errors in data entry (Chuah et al., 2006). However, disadvantages are always highlighted, as the lack of control of the understanding of instructions (Reips, 2000), the lack of accessibility in the case

of some sensory impairment, for certain populations or certain cultures (Naus et al., 2009) and the risk of computer-related anxiety (Schulenberg and Yutrzenka, 2004). As for traditional tests (paper/pencil), the international and national commissions (The International Test Commission, 2006) have developed best practice guidelines for the use of computerized tests. They focus both on the equipment used and the methods of administration. Also the computerized tests are encouraged by international commissions regulating the use of tests as they do not alter the relevance and accuracy of the resulting measure.

Other measurements from the ICT and assessing the physiological component of emotions grow more and more, as they avoid the drawbacks and the subjective nature of self-report questionnaires. These measures include skin conductance response (SCR) and HR using wearable sensors placed on the skin. It has been shown a deceleration of HR during negative emotions (Palomba et al., 2000; Bradley et al., 2001) and some studies have reported reduced HR in patients with MDD (Kemp et al., 2010; Kemp, 2012). It was also highlighted that fear was the emotion that provoked the most important variations in the SCR and that it was possible to differentiate patterns of SCRs for fear and sadness (Kreibig et al., 2007). Finally, differences in SCR were found following the presentation of emotional stimuli among individuals with bipolar disorder (Greco et al., 2014) and among individuals with schizophrenia (Park and Kim, 2011) compared to control subjects. ICT allows a more objective recognition of emotional disorders than tests often based on self-administered questionnaires. They have many advantages such as providing a more accurate assessment and less prone to errors, a continuous monitoring and an opportunity to offer non-pharmacologic treatments. However, they do not allow, themselves, to make a diagnosis. They are increasingly used in research settings but they remain still rarely used in current clinical practice. Several studies have started to show the importance of using ICT in clinical trials (König et al., 2015; Pillai and Bonner-Jackson, 2015) and for research purposes for which a lack of objective markers have led to potentially conflicting or inconclusive results. The validation of ICT using existing biomarkers as comparative measures is currently under progress. Recommendations by experts are however required in order to understand which pathologies are concerned, at what stages and the associated risks therein. The Innovation Alzheimer association (IA) is organizing each year, as of 2013, a workshop dedicated to ICT in aging and gathering both experts in the clinical field of aging and from technological field. After each workshop, participating experts published recommendations for the use of ICT in aging. The aim of the present article was to provide recommendations for the use of ICT for affective disorders in aging populations.

MATERIALS AND METHODS

Workshop Strategy

The IA workshop 2015, organized by the Cognition-Behavior-Technology (CoBTek) research team of the University of

Nice-Sophia Antipolis, took place in Nice on November 12th 2015.

Using a Delphi method, an expert panel involving at least 25 professionals was chosen to respond to the following aim: “to propose recommendations for the use of ICT in elderly populations with affective disorders”. Four analysts (two psychiatrists and psychologists, two ICT engineers) were involved in the selection of the experts, in the development and analysis of a questionnaire built to drive discussions toward recommendations, and in the editing process of the final report. The analysts and the majority of the experts have been involved in the previous recommendations published during IA workshops 2013 and 2014 (Robert et al., 2013, 2014).

Participants were health care professionals (psychiatrists ($n = 9$), psychologists ($n = 8$), speech therapists ($n = 3$), General practitioners (GPs; $n = 5$), ICT engineers ($n = 4$) and social workers ($n = 2$). The workshop started with a 3-h plenary session, where recent works related to use of ICT for affective disorders among elderly people with or without cognitive disturbances were presented. For this preliminary review, the keywords “Affective disorders”, “anxiety”, “depression”, “apathy”, “emotion”, “dementia”, “aging”, “frailty syndrome”, “Mild Cognitive Impairment”, “Alzheimer’s disease”, “Information and Communication Technologies”, “Assistive technologies” were searched in the Pubmed and Google Scholar databases.

Experts were then divided into four-person subgroups (with at least one psychiatrist and one psychologist in each subgroup), and asked to answer questions related to the use of ICT for affective disorders as well as to perform a Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT) analysis on the same topic.

Many of the questions asked during this face-to-face session were derived from the results of our previous workshops (for which population and severity stages? what type of ICT should be preferred? for what purpose? which affective disorders should be more specifically targeted? which frequency of use? where? with whom?).

Based on the workshop results, a web survey was designed and sent to local general practitioners (GP) involved in the diagnosis and management of both affective disorders and Alzheimer’s disease and related disorders in elderly populations, and to all interns in psychiatry in France (in order to capture the overall feeling of current and future physicians regarding the use of ICTs in their daily practice). GPs are not specialists for the diagnosis and management of affective disorders but they often constitute first-line practitioners and their feedback thus appears to be valuable. The internship in psychiatry in France has a 4-year duration. All interns from 1st, 2nd, 3rd and 4th year received a web invitation to participate in the survey. All GPs working in the city of Nice also received the web invitation to participate in the survey. Participants were presented with the list of questions and items employed during the Workshop and asked to rate each item on a 0–2 scale (0 = not adapted at all; 1 = neutral; 2 = very adapted).

One-hundred and forty-one interns in psychiatry and 34 GPs have responded to the survey.

Population of Interest

The following diagnostic criteria related to specific medical conditions with cognitive decline were considered in the writing process of the present recommendations for the use of ICT: frailty syndrome (Fried et al., 2001), MCI (Petersen, 2004), Alzheimer’s disease (NINCDS-ADRDA; McKhann et al., 1984). From Fried the frailty syndrome is a well-defined syndrome with biological underpinnings and clinical manifestations related to negative energy balance, sarcopenia, and diminished strength and tolerance for exertion. Regarding the definition of Alzheimer’s disease and related disorders, we decided to consider both initial and more clinical criteria and as well as more recent and advanced criteria embedding biomarkers, physicians with strong expertise in this field of dementia and non specialist physicians (interns in psychiatry, GPs). The severity of the cognitive decline was defined, according to the scores on the Mini Mental State Examination (MMSE; Folstein et al., 1975) as follows: mild cognitive decline ($21 < \text{MMSE} < 26$), moderate cognitive decline ($16 < \text{MMSE} < 20$), severe cognitive decline ($\text{MMSE} < 15$). Psychiatric states were defined according to the DSM-V criteria for mood disorders, anxiety-related disorders and Post Traumatic Stress Disorders. Diagnostic criteria for apathy were considered (Robert et al., 2002). Individuals considered for these recommendations were predominantly 65 years. This is the common age proposed to distinguish between early onset dementia and common onset dementia. In order to facilitate the collaborative brainstorming, this cut-off was considered for all diseases despite the fact that age for early onset disturbances may vary according to recommendations proposed for each psychiatric disorder.

RESULTS

From The Expert Panel

General Questions

In each four-participant subgroup there was at least one psychiatrist and one psychologist. Other participants included physicians (GPs, neurologists, geriatricians), ICT engineers or social workers. Participants were asked to discuss a set of several questions regarding the use of ICT for the diagnosis, follow-up and management of affective disorders in elderly populations, with and without associated cognitive disturbances (from Mild Cognitive Impairment to Dementia). All responses were then synthesized and summarized as follows.

Which Population or Severity Stages

Subgroups reported an overall interest in using ICTs for individuals with Mild Cognitive Impairment, frailty syndrome (Fried’s criteria), or mild to moderate dementia syndrome (MMSE between 26 and 16), but did not recommend using ICT for severe stages of dementia (MMSE < 15). The severity of the cognitive decline is expected to decrease the ICT acceptability (lack of understanding of ICTs utility, feeling of intrusive devices) and to induce anxiety or delusion. Also, patients with severe cognitive decline may be unable to give an opinion about

the device's functioning, and have usage difficulties, which make the device not appropriate to their needs (Faucounau et al., 2009).

What Type of ICT

Experts reported that all types of devices and/or solutions could be considered, but should take into account the subjects' sensory impairments, cultural aspects and associated cognitive disturbances.

For example, subjects with hearing impairment should not be assessed using speech analysis solutions or ICTs with verbal instructions. Subjects with hallucinations or delusions should not be evaluated using skin sensors or environmental sensors.

Results from recent studies have shown that several stimulation-oriented ICT could likely improve affective affects, such as using serious games on tablet showing interest for apathetic individuals (Manera et al., 2015) or exergame showing increased positive emotions and interest (Ben-Sadoun et al., 2016). In various medical situations, the use of commercial video games for rehabilitation showed similar results compared to conventional rehabilitation methods but increased patients' motivation (Bonnechère et al., 2016). More generally, the gamification of cognitive assessment tools and cognitive trainings is likely an interesting way to increase patients' motivation and engagement (Lumsden et al., 2016).

Regarding affective disorders more specifically, VR solutions have shown interesting results for the management of anxiety-related disorders in adults (Parsons and Rizzo, 2008; Bruce and Regenbrecht, 2009; Yeh et al., 2009; Taffou et al., 2012). VR-based serious games could also provide benefits in reducing depression levels among elderly individuals (Burdea et al., 2015). The overall literature on ICT for elderly population remains however currently scarce.

What Purpose (Diagnosis, Follow-Up, Management)

ICT-based solutions could be used for the assessment in elderly populations with affective disorders through more objective assessments, including devices or solutions which are able to capture physiological parameters related to emotional states.

ICTs could be used for the assessment of individuals with limited mobility or living far from specialized centers.

ICTs could be used for in-home monitoring in order to have continuous measures (24/7-monitoring), as well as for the regular follow-up of outpatients consulting in specialized settings.

ICT could be used for the non-pharmacological management of affective disorders.

For example, VR has been used extensively in the treatment of phobias such as claustrophobia (Bruce and Regenbrecht, 2009), the phobia of animals (Taffou et al., 2012) or during post-traumatic stress disorder (Rothbaum et al., 2010).

For which Affective Disorders

Experts reported that anxiety disorders should be the main target of ICT use, but also depressive symptoms and apathy may represent interesting targets.

However experts believe that psychotic disorders are not prime targets for ICT, as well as disorders with significant cognitive deficits.

Which Frequency

Experts reported that ICT could be used on demand for individuals at home, and likely with a more organized schedule for individuals in hospitals or long-term care facilities due to staff constraints.

The experts suggested that in some cases the frequency of use should be indicated by the doctor or be defined in the context of a medical prescription.

However, home video sensors for monitoring must be installed for sufficient time to be able to identify regular events.

Where

Participants proposed several locations for the use of ICT: at home, in hospital, in long-term care facilities, as well as waiting room of GP's office.

The choice of ICTs will depend on the location:

- At home, environmental sensors can be recommended to monitor several behavioral changes (nighttime behaviors, wandering) that could indirectly reflect emotional changes.
- At the hospital, wearable sensors are the most recommended in order to provide objective and controlled assessments.
- In GP's offices, computerized tests are more recommended because of the possibility to control the understanding of instructions.

With Whom

Several experts reported the need to use ICT after medical prescription to give a frame in the use of these new types of devices. The importance of the GP has been highlighted in the use of ICT. Several reasons were advanced: (1) GPs are first-line physicians and could contribute to improve prevention and early diagnosis of affective disorders using objective methods involving ICTs, despite their lack of training in the screening of affective disturbances; and (2) GPs' consultations are usually too short to fully capture patients' global medical status. ICT could be used, for example, in the waiting room, to start recording several relevant medical parameters that could be provided to the GP during the consultation. Also, involving GPs, or caregivers, will allow them to explain to the patients how they can use ICTs, at what times and remind them the instructions required. This would enable to customize ICT to each patient. In care facilities, use of ICT should be done under staff supervision.

SWOT Analysis

We also asked the panel to conduct a SWOT analysis for the use of ICT in affective disorders among elderly individuals. A summary of the SWOT analysis is presented in **Table 1**.

TABLE 1 | Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT).

Strengths	Weaknesses
Objective evaluation Interface adapted and tailored to the user, Possibility to use at home Real-time feedback delivery for the user and the professionals Improve screening and early diagnosis, improvement of mass screening	Devices too sophisticated and complicated to use Expensive equipments Addiction. Risk of overdiagnosis Risk to induce new symptoms for advanced dementia stage (anxiety, delirium, persecution) Risk of decreasing social, familial and outdoors activities
Opportunities	Threats
Geographic equity Adapted to the new generations Provide homogeneous therapeutic actions in care structures, provide therapeutic actions on patients' living place Possibility to provide professional training	Ethical challenges Perception that ICT will replace clinicians, disappearance of human relations Negative representation (intrusive devices and privation violation)
Embedded physiological measure of affective symptoms (respiratory and heartbeat, sudation, ...)	Risk of standardization, separate affective disorders from temper, personal history, traumatic life events Lack of consensus on specific markers for affective disorders

Strengths

Objective Evaluation

It is recognized that ICT allows a better homogenization in the awarding and issuing instructions during evaluations (Barak, 1999). It also limits the raters' differences.

Finally, ICT allow more objective evaluations because they limit the consecutive errors deriving from a manual data entry, and allow an easier transfer of data to statistical software (Chuah et al., 2006).

Interface Adapted to the User

In the context of ICT it is possible to create interfaces adapted to the users. One of the advantages of ICT is that it is possible to individualize and personalize the evaluation. Adaptation is important for elderly people because they can have sensorial problems (auditory, visual) and memory problems, which require repeating instructional cues.

Possibility to Use at Home

The home-based and independent practice would contribute to reduce the burden to public healthcare system. ICT can promote activity automation, and generalization of the learned skills to every-day behavior. The possibility to carry out an autonomous activity can also lead to mood improvements and self-esteem enhancement. Finally, the possibilities to use ICT at home represent an opportunity for a safe testing and training environment, minimizing risks due to travel.

Real-Time Feedback Delivery for the User and the Professionals

ICT offer the therapists and caregivers the possibility to record and visualize the activity immediately, while the classical evaluation of patient performances typically involves a *post hoc* examination. The advantage is that ICT allow the patient to see directly his/her mistakes, and correct them. So, therapists can give the results of their assessment immediately, and give

directions to the patient immediately after the conclusion of the tests.

Possibility to Provide Prolonged or Continuous Evaluation

The frequency and duration of medical consultations are limited, which may bias the assessment results because the patient, for instance, may be tired during the consultation. Motivation is important not only for a successful care but also for the scores obtained during an evaluation. A continuous and repeated analysis can avoid the bias due to the moment when the evaluation took place.

Improve Screening and Early Diagnosis, Improvement of Mass Screening

The ICTs for the larger dissemination of evaluations may allow evaluating a larger portion of the population compared to conventional ratings, which require the presence of a therapist. Similarly, ICTs, by finer assessments, are more sensitive methods.

Weaknesses

Devices too Sophisticated and Complicated to Use

Many elderly people are not used to interacting with high-tech interfaces, and the initial approach with ICT may cause them a high cognitive load. This high cognitive load can represent a bias for the assessment because it can make the task more difficult than what it actually is. Also to employ ICT solutions it is often necessary to connect cables and modify setups, which may be too difficult for non-expert users, especially for the elderly. Finally it may be also difficult for the therapists to use the applications to visualize performance results and analyze data.

Expensive Equipment

Equipment for ICT is a stuff that we already have at home such as tablets, television, PC and laptops. However, some ICT require

the purchase of less common and more expensive materials such as CAVE or immersive screen. Equipment costs may risk limiting the use of ICT to people who have the most money, thus creating discrimination.

Negative Representation (Intrusive Devices and Privacy Violation)

Some ICT, especially for assessment, require the installation of video-cameras or sensors in patients' homes. These sensors can be perceived as intrusive in the patient's privacy, in particular when they must be installed in the bedroom to evaluate sleep disorders.

Addiction

As with video games, new technologies can create addictions for patients, especially if their use is not governed by rules and indeed, currently, the use of new technologies in patients' homes cannot be controlled, which makes it dangerous.

Risk of Overdiagnosis

It appears that the use of ultra-sensitive diagnostic techniques is most often accompanied by a significant increase in positive diagnosis, seeming to be more of overdiagnosis. ICT, by finer assessments could thus result in increased diagnosis of affective disorders and therefore an overdiagnosis.

Technophobia, Risk to Induce New Symptoms for Advanced Dementia Stage (Anxiety, Delirium, Persecution)

Several types of ICTs can lead to other symptoms in a patient. For example, the installation of cameras at a patient's home can cause delusions of persecution, the use of VR can lead to a phobia or anxiety, use of sensors on the skin can generate hypochondria. ICTs are intrusive sensors and are therefore particularly at risk to generate a secondary pathology.

Risk of Decreasing Social, Familial and Outdoors Activities

The use of ICT is often individual and therefore can generate a feeling of not needing the others, thereby reducing external activities and social relations in the patient. Also, very few ICT are used outdoors and therefore it does not encourage the patient to go outside.

Opportunities

Geographic Equity

Patients who live far from the cities go less often to the doctor or the therapist and therefore have less regular care than people living in the city. ICTs can reduce this inequality by enabling patients living far from the cities to access care without having to move and therefore to be able to have an evaluation and a more regular care.

Adapted to the New Generations

The elderly in the future will be the youth of today who are more accustomed to new technologies than to the "paper and pencil" tasks. Indeed the new generations are faster with ICT. New technologies are intuitive to them and are therefore better for the assessment and the training.

Provide Homogeneous Therapeutic Actions in Care Structures; Provide Therapeutic Actions on Patients' Living Place

It is difficult to assess and take care of a patient in an environment different from where he/she lives. Indeed, the patient can succeed in the classical "paper and pencil" assessments, but no have autonomy in real activities of daily living, or be autonomous in daily life and still fail in "paper and pencil" assessments. ICT, analyzing the behavior at home, can allow a more accurate assessment of patient skills. Furthermore, the use of ICT in nursing homes can enable taking care of the patients in an automated and therefore more regular manner, overcoming the problem of the limited care giver availability.

Possibility to Provide Professional Training

ICTs, with wide distribution, can afford to train a large number of professionals at the same time, where they want and when they want. Thus, these technologies make easier access to assessment methods and specific support that were previously reserved for specialists.

Embedded Physiological Measure of Affective Symptoms (Respiratory and Heart beat, Sudation, . . .)

Physiological measurements allow an objective assessment of affective disorders and are not dependent on factors such as social status or culture. In addition, these signals, such as the heartbeat, or the skin conductance, allow for a more accurate and sensitive measurement.

Threats

Ethical Challenges

The use of ICT poses a number of ethical questions such as:

- The respect of privacy and private life, the processing of the images (using video sensors).
- The data processing and storage.

These ethical questions are even more compelling for older and frail people who cannot always accurately understand the functioning of ICT.

Perception that ICT will Replace Clinicians, Disappearance of Human Relations

Some uses of ICT can promote short and little personalized exchanges between patient and therapist. In those situations where therapists have little time for more informal exchanges, the patient can develop a sense of isolation, an erosion of the sense of caring and more overall a formalization of exchanges.

Risk of Standardization, Separate Affective Disorders from Temper, Personal History, Traumatic Life Events

For economic reasons and/or for easier and faster usability, ICTs might be used in a standardized way that could minimize the interest of ICTs to propose tailored assessments and managements.

Lack of Consensus on Specific Markers for Affective Disorders

Several ICT use the video sensors to evaluate affective disorders. These sensors analyze behavioral disorders but the specific behaviors reflecting emotional problems still require a better specification and precision. Similarly, data on voice markers, are so far not numerous enough to be certain of their reliability.

From The Web Survey

One-hundred and forty-one interns in psychiatry and 34 GPs responded to the survey.

The questionnaire results showed that, in the general population, the pathologies considered the most difficult to identify for interns in psychiatry were bipolar disorder (28.6%), followed by emotional lability (25%) and generalized anxiety disorder (14.3%). GPs identified Obsessive Compulsive Disorder (38.2%), phobic disorders (38.2%) and depressive episode (23.5%) as difficult diagnoses.

Around 25% of participants (both in interns and GPs subgroups) found ICTs relevant for the detection of affective disorders (with higher rates of responses considering ICT inappropriate for affective disorders). Among positive responders, the use of computerized tools was considered more relevant compared to wearable sensors. ICTs were considered as promising tools for the patients' follow-up, after the diagnosis has been made, as well as for non-pharmacologic strategies (see Table 2).

TABLE 2 | Use of information and communication technologies (ICT) in the general population.

	Interns n (%)	GP n (%)	p-value
Use of ICT to detect emotional disorders			0.632
Not adapted at all/poorly adapted	46 (32.6)	14 (41.2)	
Neutral	59 (41.8)	12 (35.3)	
Adapted/completely adapted	36 (25.5)	8 (23.5)	
If adapted:			
Use of computerized tests (self-reports filled in using tablet/pc)			0.010
Not adapted at all/poorly adapted	26 (21.1)	11 (52.3)	
Neutral	45 (36.6)	5 (23.8)	
Adapted/Completely adapted	52 (42.3)	5 (23.8)	
Use of wearable sensors			0.038
Not adapted at all/poorly adapted	88 (71.5)	10 (47.6)	
Neutral	23 (18.7)	8 (38.1)	
Adapted/completely adapted	12 (9.8)	3 (14.3)	
Use of ICT to monitor emotional disorders			0.011
Not adapted at all/poorly adapted	28 (19.9)	15 (44.1)	
Neutral	46 (32.6)	9 (26.5)	
Adapted/completely adapted	67 (47.5)	10 (29.4)	
Use of ICT for the non-pharmacologic treatment of emotional disorders			0.001
Not adapted at all/poorly adapted	13 (9.2)	11 (32.4)	
Neutral	47 (33.3)	13 (38.2)	
Adapted/completely adapted	81 (57.4)	10 (29.4)	

Considering elderly populations and subjects living with dementia (Table 2), interest of using ICT, for both interns and GPs, was below 30%. For the majority of GPs (23.8%) and interns (42.3%), the use of computerized tests was more adapted than using wearable sensors. Interns seemed significantly more likely to use computerized tests than GPs ($p = 0.010$). The majority of interns found adapted or very adapted to the use of ICT in the monitoring of emotional disorders (47.5%), unlike GPs who were found to be poorly adapted (44.1%; $p = 0.011$).

The difference of opinion of interns and GPs was also significant in the relevance of using ICTs as treatment ($p = 0.01$). The majority of interns (57.4%) considered this use as adapted to very adapted, while 32.4% of GPs were found to be poorly adapted.

Among the most difficult disorders to identify, GPs found that ICTs are irrelevant, whether for obsessive-compulsive disorder (54.5%), phobic disorders (44.1%) or depressive episodes (63.6%).

We noted a significant difference with interns who found that the use of ICT can help in screening depressive episodes ($p = 0.048$), phobic disorders ($p < 0.001$) and also obsessive compulsive disorders ($p < 0.001$). However, according to interns, the use of ICT is not relevant for assessing emotional lability (40.7%), bipolar disorder (38.6%) or generalized anxiety disorders (43.8%).

Finally, the survey revealed that interns and GPs find the use of new technologies more adapted for healthy elderly people than for AD patients (Figure 1).

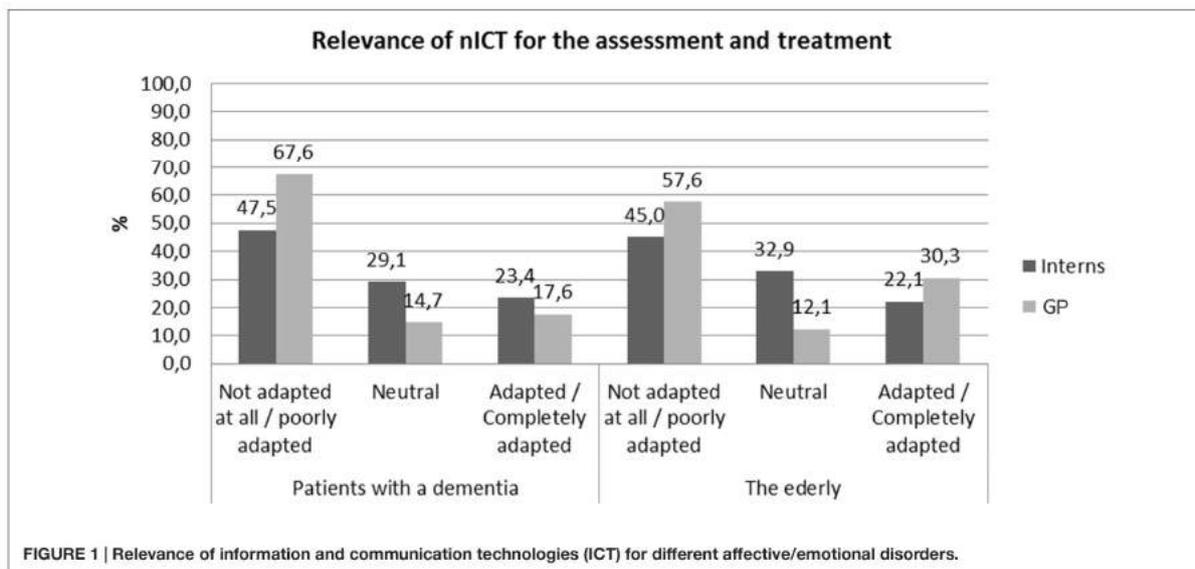
Recommendations

Several major conclusions can be drawn after the general questions, SWOT analysis and web survey.

First, ICT could contribute to provide better recognition and earlier diagnosis of affective disorders in elderly populations, because ICT could be designed to specifically recognize affective symptoms using specific and dedicated algorithms. However, in order to become clinically accepted, therapists should undergo ICT trainings to learn how to employ them correctly and in a standardized way.

Second, first-line physicians, mainly GPs, could benefit from ICTs: (1) as they are usually "reference physician" (and officially declared to the health regulatory authorities for health coverage), receive more patients compared to specialists, and often consult in patients' home; and (2) as they usually lack specific training to recognize affective symptoms despite being first-line practitioners. In this line, use of ICT aimed at recognizing affective symptoms could help GPs in their daily practice but could also contribute to large population screening. The limited amount of responses gathered from GPs as well as several comments noticed after our web survey tend to indicate an overall lack of knowledge on ICT capabilities for health management. In this line, increased diffusion of ICT is required among physicians.

Third, ICTs for affective disorders should embed measures of physiological parameters linked to affects and emotions such as respiratory frequency, heartbeat, skin conductance, and so on. However, more specific markers of affective disorders are likely



needed to be recognized to better participate in the assessment and follow-up process of affective symptoms in addition to current clinical markers. Participants reported the use of ICT at home as a strength for affective disorders. Developers and clinicians should thus also discuss the use of devices with ambulatory affective markers that could be sensitive to at-home changes. Participants in the web survey did not consider the use of wearable sensors as adapted, especially among interns in psychiatry.

Fourth, ICTs could be helpful in prevention, diagnosis and non-pharmacologic treatment for several affective symptoms (mainly anxiety disorders and depressive symptoms). Experts pointed out that ICTs could potentially have a negative impact for individuals with advanced dementia stages (increased risk of delirium avec persecution, increased consecutive anxiety) whereas they appear to be adapted for preclinical, frail and early to moderate stage demented individuals.

DISCUSSION AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

We found important differences between the reports of the expert panel and GPs and interns interviewed in the web survey. Indeed, the experts recommended the use of ICT for patients with AD, while the majority of GPs and interns suggested that ICTs are not adapted for AD patients.

Similarly, while experts recommend the use of ICTs for evaluation, monitoring and treatment, interns found ICTs adapted only for the monitoring and treatment and GPs, more generally, found ICT irrelevant.

Nevertheless the percentage of neutral responses showed the interest of better informed interns and GPs on ICT interest and opportunities. Indeed we can assume that the persons interviewed found use of ICT not adapted to individuals with AD

because, unlike the experts, they do not use ICT's in their daily practice and they are poorly aware of the available tools.

Opinions are divergent between GPs and interns particularly for the use of computerized tests for diagnosis. We can assume that the interns are part of a generation accustomed to these type of tests, whose use has grown significantly in the clinical practice in recent years.

Using wearable sensors is particularly not adapted to AD patients according to interns (71%). This skepticism may derive from the fact that interns, most likely, use ICT very rarely in their daily practice. But this skepticism may derive also from the fact that wearable sensors can be particularly difficult to use with patients often agitated, presenting aggressive behaviors and which have aberrant wondering behaviors.

In the web survey it is interesting to note that disorders were considered the most difficult to identify by GPs and were those most easily identified by interns, with a significant difference for depressive episode ($p < 0.001$), phobic disorder ($p = 0.003$) and obsessive compulsive disorder ($p = 0.004$). This may be due to the fact that, being complex pathologies, they are well studied in Psychiatry.

Finally, several topics could be discussed on:

–Psychotropic medications:

Several psychotropic medications have shown a deleterious impact on cognitive abilities (e.g. long term exposition to benzodiazepines (Shash et al., 2016), antipsychotics and many agents with anticholinergic effect) as well as on emotional and affective states (e.g. negative effect of SSRIs and antipsychotics on motivation often leading to increased levels of apathy (Padala et al., 2012; Dell'Osso et al., 2016); psychic retardation with antipsychotic and benzodiazepines; effect of corticoids and cancer agents on mood and vigilance).

Thus, all types of psychotropic medications known to have

negative impact on vigilance and motivation could potentially reduce the engagement of patients in using ICTs when proposed as long-term monitoring tools and/or non-pharmacologic approaches (i.e., stimulation with serious games).

Additionally, ICT represents an opportunity to provide non-pharmacologic approaches (through serious games for example) in neurodegenerative disorders and affective disturbances (Bruce and Regenbrecht, 2009; Taffou et al., 2012) or during post-traumatic stress disorder (Rothbaum et al., 2010) and could help reduce the use of psychotropic medications.

–Role of caregivers:

Experts have discussed the role of professional and family caregivers when using ICT. Several aspects could be discussed: what is the influence of caregivers on the willingness of patients to use ICT? To our knowledge, this aspect lacks scientific references due to the recent emergence of ICT. Based on our experience, the use of ICT in long-term care facilities often requires the prompt of the professional caregivers, especially for people with severe dementia. For community-dwelling individuals, the feeling is similar and the use of ICT is often influenced by the presence of a cognitively healthy family caregiver living with the patient. Regarding affective disturbances more specifically, many emotional disturbances (anxiety-related disturbances, post-traumatic stress disorder) are often comorbid with depressive episodes and associated to social isolation, lack of interest and lack of motivation. Lack of motivation is associated with lack of initiation in activities that would therefore reduce patients' engagement in stimulating activities (such as using serious games, for example, that have to be considered as part of ICT). Thus, the presence of affective disturbances could likely decrease the patients' willingness to participate in stimulating activities. ICT could potentially offer a way to engage in socially stimulating activities (Coathup et al., 2016).

–Impact of setting:

The point has been discussed by the experts but the literature on ICT is also lacking. According to our experience, the presence of professional caregivers (when trained) in long-term care facilities might increase the patients' stimulation for activities and potentially the use of ICT designed for stimulation (such as serious games). Additionally, many assistive ICT designed to improve patients' full-time monitoring in long-term care facilities should offer more availability for professional caregivers by decreasing the time devoted to patients' surveillance, thus potentially increasing interactions between patients and caregivers for stimulating activities.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

AG: drafting the work, conception, interpretation of data. DB: drafting the work, conception, acquisition of data. VM: revising the work, design, interpretation of data. RF: drafting the work, analysis of data. A-MZ-C, ST and MB: drafting the work, acquisition of data. PR: revising the work, acquisition of data. RD: drafting and revising the work, design, interpretation of data.

ACKNOWLEDGMENTS

The Workshop expert panel 2015: MB, Claude Baudu, François Bremond, Jean Claude Broutart, A-MZ-C, Vanessa Cecchetti, Antitza Dantcheva, Guy Darcourt, Nelly Darmon, Renaud David, David Bensamoun, Audrey Deudon, Julie de Stoutz, Roxane Dilcher, Jean Didier Eberhardt, Catherine Felix, Nathalie Fernandez, Cindy Giaume, AG, Sophie Matharan, Marie-Line Menard, Françoise N'Gabira, Marie Pierre Pancrazi, Frederic Prate, Prescillia Pierron, Serge Ricaud, PR, Viviane Roulx-Laty, Florent Salducci, Alexandra Taylor, Wendling Marie.

REFERENCES

- Anderson, N. (2003). Applicant and recruiter reactions to new technology in selection: a critical review and agenda for future research. *Int. J. Select. Assessment* 11, 121–136. doi: 10.1111/1468-2389.00235
- Andreas, S., Schulz, H., Volkert, J., Dehoust, M., Sehner, S., Suling, A., et al. (2016). Prevalence of mental disorders in elderly people: the European MentDis_JCF65+ study. *Br. J. Psychiatry* doi: 10.1192/bjp.bp.115.180463 [Epub ahead of print].
- Barak, A. (1999). Psychological applications on the internet: a discipline on the threshold of a new millennium. *Appl. Prev. Psychol.* 8, 231–245. doi: 10.1016/S0962-1849(05)80038-1
- Ben-Sadoun, G., Sacco, G., Manera, V., Bourgeois, J., König, A., Foulon, P., et al. (2016). Physical and cognitive stimulation using an exergame in subjects with normal aging, mild and moderate cognitive impairment. *J. Alzheimers Dis.* 53, 1299–1314. doi: 10.3233/JAD-160268
- Bonnechère, B., Jansen, B., Omelina, L., and Van Sint Jan, S. (2016). The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review. *Int. J. Rehabil. Res.* doi: 10.1097/mrr.000000000000190 [Epub ahead of print].
- Bradley, M. M., Codispoli, M., Cuthbert, B. N., and Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion* 1, 276–298. doi: 10.1037/1528-3542.1.3.276
- Brown, L. J. E., Adlam, T., Hwang, F., Khadra, H., MacClean, L. M., Rudd, B., et al. (2016). Computer-based tools for assessing micro-longitudinal patterns of cognitive function in older adults. *Age (Dordr)* 38, 335–350. doi: 10.1007/s11357-016-9934-x
- Bruce, M., and Regenbrecht, H. (2009). "A virtual reality claustrophobia therapy system—implementation and test," in *IEEE Virtual Reality Conference 2009*, Lafayette, LA, USA, 179–182.
- Burdea, G., Polistico, K., Krishnamoorthy, A., House, G., Rethage, D., Hundal, J., et al. (2015). Feasibility study of the BrightBrainer™ integrative cognitive rehabilitation system for elderly with dementia. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 10, 421–432. doi: 10.3109/17483107.2014.900575
- Canini, M., Battista, P., Della Rosa, P. A., Catricalà, E., Salvatore, C., Gilardi, M. C., et al. (2014). Computerized neuropsychological assessment in aging: testing efficacy and clinical ecology of different interfaces. *Comput. Math. Methods Med.* 2014:804723. doi: 10.1155/2014/804723
- Chuah, S. C., Drasgow, F., and Roberts, B. W. (2006). Personality assessment: does the medium matter? *No. J. Res. Pers.* 40, 359–376. doi: 10.1016/j.jrp.2005.01.006
- Coathup, V., Teare, H. J. A., Minari, J., Yoshizawa, G., Kaye, J., Takahashi, M. P., et al. (2016). Using digital technologies to engage with medical research: views of myotonic dystrophy patients in Japan. *BMC Med. Ethics* 17:51. doi: 10.1186/s12910-016-0132-2
- David, R., Mulin, E., Friedman, L., Le Duff, F., Cygankiewicz, E., Deschaux, O., et al. (2012). Decreased daytime motor activity associated with apathy in alzheimer disease: an actigraphic study. *Am. J. Geriatr. Psychiatry* 20, 806–814. doi: 10.1097/jgp.0b013e31823038af
- Dell'Osso, B., Benatti, B., Altamura, A. C., and Hollander, E. (2016). Prevalence of Selective serotonin reuptake inhibitor-related apathy in patients with obsessive compulsive disorder. *J. Clin. Psychopharmacol.* doi: 10.1097/JCP.0000000000000572 [Epub ahead of print].

- Dias, V. V., Brissos, S., Frey, B. N., and Kapczynski, F. (2008). Insight, quality of life and cognitive functioning in euthymic patients with bipolar disorder. *J. Affect. Disord.* 110, 75–83. doi: 10.1016/j.jad.2008.01.010
- Epstein, J., and Klinkenberg, W. D. (2001). From Eliza to Internet: a brief history of computerized assessment. *Comput. Hum. Behav.* 17, 295–314. doi: 10.1016/s0747-5632(01)00004-8
- Faucounau, V., Riguët, M., Orvoen, G., Lacombe, A., Rialle, V., Extra, J., et al. (2009). Electronic tracking system and wandering in Alzheimer's disease: a case study. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 52, 579–587. doi: 10.1016/j.rehab.2009.07.034
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., and McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state", A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J. Psychiatr. Res.* 12, 189–198. doi: 10.1016/0022-3956(75)90026-6
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., et al. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 56, M146–M156. doi: 10.1093/gerona/56.3.m146
- Greco, A., Lanata, A., Valenza, G., Scilingo, E. P., and Citi, L. (2014). Electrodermal activity processing: a convex optimization approach. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2014, 2290–2293. doi: 10.1109/EMBC.2014.6944077
- Greenwood, M. C., Hakim, A. J., Carson, E., and Doyle, D. V. (2006). Touch-screen computer systems in the rheumatology clinic offer a reliable and user-friendly means of collecting quality-of-life and outcome data from patients with rheumatoid arthritis. *Rheumatology (Oxford)* 45, 66–71. doi: 10.1093/rheumatology/kel167
- Groeneweg-Koolhoven, I., Comijs, H. C., Naarding, P., de Waal, M. W. M., and van der Mast, R. C. (2016). Apathy in older persons with depression: course and predictors: the NESDO study. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.* 29, 178–186. doi: 10.1177/0891988716632914
- Howcroft, J., Lemaire, E. D., and Kofman, J. (2016). Wearable-sensor-based classification models of faller status in older adults. *PLoS One* 11:e0153240. doi: 10.1371/journal.pone.0153240
- Huang, H.-M. (2006). Do print and Web surveys provide the same results? *Comput. Hum. Behav.* 22, 334–350. doi: 10.1016/j.chb.2004.09.012
- Jessen, F. (2014). Subjective and objective cognitive decline at the pre-dementia stage of Alzheimer's disease. *Eur. Arch. Psychiatry Clin. Neurosci.* 264, S3–S7. doi: 10.1007/s00406-014-0539-z
- Kemp, A. H. (2012). Reply to: are antidepressants good for the soul but bad for the matter? Using noninvasive brain stimulation to detangle depression/antidepressants effects on heart rate variability and cardiovascular risk. *Biol. Psychiatry* 71, e29–e30. doi: 10.1016/j.biopsych.2011.11.002
- Kemp, A. H., Quintana, D. S., Gray, M. A., Felmingham, K. L., Brown, K., and Gatt, J. M. (2010). Impact of depression and antidepressant treatment on heart rate variability: a review and meta-analysis. *Biol. Psychiatry* 67, 1067–1074. doi: 10.1016/j.biopsych.2009.12.012
- Kleinman, L., Leidy, N. K., Crawley, J., Bonomi, A., and Schoenfeld, P. (2001). A comparative trial of paper-and-pencil versus computer administration of the quality of life in reflux and dyspepsia (QOLRAD) Questionnaire. *Med. Care* 39, 181–189. doi: 10.1097/00005650-200102000-00008
- König, A., Crispim-Junior, C. F., Covella, A. G. U., Bremond, F., Derreumaux, A., Bensadoun, G., et al. (2015). Ecological assessment of autonomy in instrumental activities of daily living in dementia patients by the means of an automatic video monitoring system. *Front. Aging Neurosci.* 7:98. doi: 10.3389/fnagi.2015.00098
- König, A., Sacco, G., Bensadoun, G., Bremond, F., David, R., Verhey, F., et al. (2015). The role of information and communication technologies in clinical trials with patients with Alzheimer's disease and related disorders. *Front. Aging Neurosci.* 7:110. doi: 10.3389/fnagi.2015.00110
- Kreibitz, S. D., Wilhelm, F. H., Roth, W. T., and Gross, J. J. (2007). Cardiovascular, electrodermal and respiratory response patterns to fear- and sadness-inducing films. *Psychophysiology* 44, 787–806. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00550.x
- Lazarou, I., Karakostas, A., Stavropoulos, T. G., Tsompanidis, T., Meditskos, G., Kompatsiaris, I., et al. (2016). A novel and intelligent home monitoring system for care support of elders with cognitive impairment. *J. Alzheimers Dis.* 54, 1561–1591. doi: 10.3233/jad-160348
- Legault, I., Allard, R., and Faubert, J. (2013). Healthy older observers show equivalent perceptual-cognitive training benefits to young adults for multiple object tracking. *Front. Psychol.* 4:323. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00323
- Lenze, E. J., and Wetherell, J. L. (2011). A lifespan view of anxiety disorders. *Dialogues Clin. Neurosci.* 13, 381–399.
- Luchesi, B. M., Souza, E. N., Gratao, A. C. M., Gomes, G. A., Inouye, K., Alexandre, T. D. S., et al. (2016). The evaluation of perceived stress and associated factors in elderly caregivers. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 67, 7–13. doi: 10.1016/j.archger.2016.06.017
- Lumsden, J., Edwards, E. A., Lawrence, N. S., Coyle, D., and Munafo, M. R. (2016). Gamification of cognitive assessment and cognitive training: a systematic review of applications and efficacy. *JMIR Serious Games* 4:e11. doi: 10.2196/games.5888
- Manera, V., Petit, P. D., Derreumaux, A., Orvieto, I., Romagnoli, M., Lyttle, G., et al. (2015). 'Kitchen and cooking,' a serious game for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a pilot study. *Front. Aging Neurosci.* 7:24. doi: 10.3389/fnagi.2015.00024
- Marko, M. (2016). Development of a protocol for simultaneous assessment of cognitive functioning under psychosocial stress. *J. Psychol.* 150, 916–929. doi: 10.1080/00223980.2016.1207590
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., and Stadlan, E. M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA Work Group under the auspices of department of health and human services task force on Alzheimer's disease. *Neurology* 34, 939–944. doi: 10.1212/wnl.34.7.939
- Millisopp, L., Frackleton, S., Lowe, D., and Rogers, S. N. (2006). A feasibility study of computer-assisted health-related quality of life data collection in patients with oral and oropharyngeal cancer. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 35, 761–764. doi: 10.1016/j.ijom.2006.03.011
- Mitchell, A. J., Beaumont, H., Ferguson, D., Yadegarfar, M., and Stubbs, B. (2014). Risk of dementia and mild cognitive impairment in older people with subjective memory complaints: meta-analysis. *Acta Psychiatr. Scand.* 130, 439–451. doi: 10.1111/acps.12336
- Moore, E. II, Clements, M. A., Peifer, J. W., and Weisser, L. (2008). Critical analysis of the impact of glottal features in the classification of clinical depression in speech. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 55, 96–107. doi: 10.1109/TBME.2007.900562
- Moufawad El Achkar, C., Lenoble-Hoskovec, C., Paraschiv-Ionescu, A., Major, K., Büla, C., and Aminian, K. (2016). Physical behavior in older persons during daily life: insights from instrumented shoes. *Sensors (Basel)* 16:1225. doi: 10.3390/s16081225
- Mundt, J. C., Snyder, P. J., Cannizzaro, M. S., Chappie, K., and Geralts, D. S. (2007). Voice acoustic measures of depression severity and treatment response collected via interactive voice response (IVR) technology. *J. Neurolinguistics* 20, 50–64. doi: 10.1016/j.jneuroling.2006.04.001
- Naus, M. J., Philipp, L. M., and Samsi, M. (2009). From paper to pixels: a comparison of paper and computer formats in psychological assessment. *Comput. Hum. Behav.* 25, 1–7. doi: 10.1016/j.chb.2008.05.012
- Orfei, M. D., Varsi, A. E., Blundo, C., Celia, E., Casini, A. R., Caltagirone, C., et al. (2010). Anosognosia in mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease: frequency and neuropsychological correlates. *Am. J. Geriatr. Psychiatry* 18, 1133–1140. doi: 10.1097/JGP.0b013e3181dd1c50
- Padala, P. R., Padala, K. P., Monga, V., Ramirez, D. A., and Sullivan, D. H. (2012). Reversal of SSRI-associated apathy syndrome by discontinuation of therapy. *Ann. Pharmacother.* 46:e8. doi: 10.1345/aph.1Q656
- Palmer, K., Di Iulio, F., Varsi, A. E., Gianni, W., Sancesario, G., Caltagirone, C., et al. (2010). Neuropsychiatric predictors of progression from amnesic-mild cognitive impairment to Alzheimer's disease: the role of depression and apathy. *J. Alzheimers Dis.* 20, 175–183. doi: 10.3233/JAD-2010-1352
- Palomba, D., Sarlo, M., Angrilli, A., Mini, A., and Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *Int. J. Psychophysiol.* 36, 45–57. doi: 10.1016/s0167-8760(99)00099-9
- Park, S., and Kim, K. (2011). Physiological reactivity and facial expression to emotion-inducing films in patients with schizophrenia. *Arch. Psychiatr. Nurs.* 25, e37–e47. doi: 10.1016/j.apnu.2011.08.001
- Parsons, T. D., and Rizzo, A. A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: a meta-analysis. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 39, 250–261. doi: 10.1016/j.jbtep.2007.07.007

- Patrick, C. J., Bernat, E. M., Malone, S. M., Iacono, W. G., Krueger, R. F., and McGue, M. (2006). P300 amplitude as an indicator of externalizing in adolescent males. *Psychophysiology* 43, 84–92. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00376.x
- Petersen, R. C. (2004). Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *J. Intern. Med.* 256, 183–194. doi: 10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x
- Pillai, J. A., and Bonner-Jackson, A. (2015). Review of information and communication technology devices for monitoring functional and cognitive decline in Alzheimer's disease clinical trials. *J. Healthc. Eng.* 6, 71–83. doi: 10.1260/2040-2295.6.1.71
- Piras, F., Piras, F., Orfei, M. D., Caltagirone, C., and Spalletta, G. (2016). Self-awareness in mild cognitive impairment: quantitative evidence from systematic review and meta-analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 61, 90–107. doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.10.002
- Reips, U. (2000). "The web experiment method: advantages, disadvantages and solutions," in *Psychological Experiments on the Internet*, ed. M. H. Birnbaum (San Diego, CA: Academic Press), 89–117.
- Robert, P., Benoit, M., Rachid, G., Pierre-David, P., Emmanuelle, C., Valeria, M., et al. (2015). Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 11, 557–563. doi: 10.2147/NDT.S73179
- Robert, P. H., Clairet, S., Benoit, M., Koutaich, J., Bertogliati, C., Tible, O., et al. (2002). The apathy inventory: assessment of apathy and awareness in Alzheimer's disease, Parkinson's disease and mild cognitive impairment. *Int. J. Geriatr. Psychiatry* 17, 1099–1105. doi: 10.1002/gps.755
- Robert, P. H., König, A., Amieva, H., Andrieu, S., Bremond, F., Bullock, R., et al. (2014). Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty. *Front. Aging Neurosci.* 6:54. doi: 10.3389/fnagi.2014.00054
- Robert, P. H., König, A., Andrieu, S., Bremond, F., Chemin, I., Chung, P. C., et al. (2013). Recommendations for ICT use in Alzheimer's disease assessment: monaco CTAD expert meeting. *J. Nutr. Health Aging* 17, 653–660. doi: 10.1007/s12603-013-0046-3
- Robert, P., Leroi, I., and Manera, V. (2016). Editorial: ICT for assessment and rehabilitation in Alzheimer's disease and related disorders. *Front. Aging Neurosci.* 8:6. doi: 10.3389/fnagi.2016.00006
- Rothbaum, B. O., Rizzo, A. S., and Difede, J. (2010). Virtual reality exposure therapy for combat-related posttraumatic stress disorder: virtual reality exposure therapy for PTSD. *Ann. N Y Acad. Sci.* 1208, 126–132. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05691.x
- Schaefer, M., Egloff, B., Gerlach, A. L., and Witthöft, M. (2014). Improving heartbeat perception in patients with medically unexplained symptoms reduces symptom distress. *Biol. Psychol.* 101, 69–76. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.05.012
- Scherer, S., Stratou, G., Mahmoud, M., Boberg, J., Gratch, J., Rizzo, A., et al. (2013). "Automatic behavior descriptors for psychological disorder analysis," in *Proceedings of IEEE Conference on Automatic Face and Gesture Recognition* (Shanghai, China), 1–8.
- Schulenberg, S. E., and Yutrzenka, B. A. (2004). Ethical issues in the use of computerized assessment. *Comput. Hum. Behav.* 20, 477–490. doi: 10.1016/j.chb.2003.10.006
- Schulze, K. K., Hall, M.-H., McDonald, C., Marshall, N., Walshe, M., Murray, R. M., et al. (2007). P50 auditory evoked potential suppression in bipolar disorder patients with psychotic features and their unaffected relatives. *Biol. Psychiatry* 62, 121–128. doi: 10.1016/j.biopsych.2006.08.006
- Shash, D., Kurth, T., Bertrand, M., Dufouil, C., Barberger-Gateau, P., Berr, C., et al. (2016). Benzodiazepine, psychotropic medication and dementia: a population-based cohort study. *Alzheimers Dement.* 12, 604–613. doi: 10.1016/j.jalz.2015.10.006
- Spalletta, G., Long, J. D., Robinson, R. G., Trequattrini, A., Pizzoli, S., Caltagirone, C., et al. (2015). Longitudinal neuropsychiatric predictors of death in Alzheimer's disease. *J. Alzheimers Dis.* 48, 627–636. doi: 10.3233/JAD-150391
- Starkstein, S. E., and Leentjens, A. F. G. (2008). The nosological position of apathy in clinical practice. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 79, 1088–1092. doi: 10.1136/jnnp.2007.136895
- Steiner, D. D., and Gilliland, S. W. (2001). Procedural justice in personnel selection: international and cross-cultural Perspectives. *Int. J. Sel. Assess.* 9, 124–137. doi: 10.1111/1468-2389.00169
- Taffou, M., Chapoulie, E., David, A., Guerchouche, R., Drettakis, G., and Viaud-Delmon, I. (2012). Auditory-visual integration of emotional signals in a virtual environment for cynophobia. *Stud. Health Technol. Inform.* 181, 238–242. doi: 10.3233/978-1-61499-121-2-238
- The International Test Commission. (2006). International guidelines on computer-based and internet-delivered testing. *Int. J. Test.* 6, 143–171. doi: 10.1207/s15327574ijt0602_4
- Valiengo, L. C. L., Stella, F., and Forlenza, O. V. (2016). Mood disorders in the elderly: prevalence, functional impact and management challenges. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 12, 2105–2114. doi: 10.2147/NDT.S94643
- Yeh, S.-C., Newman, B., Liewer, M., Pair, J., Treskunov, A., Reger, G., et al. (2009). "A virtual Iraq system for the treatment of combat-related posttraumatic stress disorder," in *IEEE Virtual Reality Conference 2009*, Lafayette, LA, USA, 163–170.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2016 Gros, Bensamoun, Manera, Fabre, Zacconi-Cauvin, Thummler, Benoit, Robert and David. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution and reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

outils

Troubles neuropsychiatriques et solutions technologiques

DAVID BENSAMOUN^{a,b}
Psychiatre

AURIANE GROS^{a,b}
Orthophoniste

VALERIA MANERA^{a,b}
Neuropsychologue

ALEXANDRA KÖNIG^{a,b}
Neuropsychologue

OLIVIER GUÉRIN^{a,c}
Gériatre, praticien hospitalier,
PU-PH

PHILIPPE ROBERT^{a,b}
Psychiatre, PU-PH

RENAUD DAVID^{a,b,*}
Psychiatre, praticien hospitalier

^aEA Cobtek, université de Nice
Sophia Antipolis,
98 boulevard Édouard-Herriot,
06000 Nice, France

^bCentre mémoire de
ressources et de recherche,
CHU de Nice, 10 rue Molière,
06100 Nice, France

^cPôle Réhabilitation autonomie
vieillesse, CHU de Nice,
4 avenue de la Reine-Victoria,
06003 Nice, France

*Auteur correspondant.
Adresse e-mail :
david.r@chu-nice.fr
(R. David).

■ De nouveaux outils innovants permettent aujourd'hui une meilleure évaluation clinique ■ En effet les nouvelles technologies de l'information et de la communication sont intéressantes notamment pour le dépistage, le suivi et la prise en charge des troubles neuropsychiatriques de la personne âgée ■ Une approche personnalisée du patient peut, en outre, favoriser son adhésion au traitement et son implication.

© 2016 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots clés – diagnostic ; nouvelles technologies de l'information et de la communication ; personne âgée ; traitement non pharmacologique ; trouble neuropsychiatrique

Neuropsychiatric disorders and technological solutions. Innovative new tools today allow better clinical evaluation. Indeed, new information and communication technology is particularly interesting for the screening, monitoring and management of neuropsychiatric disorders of the elderly. A personalised approach to patients can further enhance their adherence and involvement.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Keywords – diagnosis; elderly persons; neuropsychiatric disorder; new information and communication technology; non-pharmacological treatment

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) regroupent des solutions technologiques (capteurs de mesure) et des solutions numériques (logiciels pour tablettes et smartphones, *serious games* et exergames, interfaces de réalité virtuelle). Elles sont à l'origine de l'émergence récente d'outils pour améliorer la prise en charge médicale de la personne âgée présentant des troubles cognitifs ainsi que des perturbations émotionnelles et comportementales. Les outils d'évaluation classiques peuvent manquer de pertinence chez le sujet âgé du fait de l'existence potentielle de troubles cognitifs et de déficits sensoriels (surdité, baisse d'acuité visuelle). L'utilisation des NTIC peut partiellement pallier ce type d'interférences. Elles contribuent à une évaluation directe et objective du patient, souvent irréalisable en contexte d'anosognosie et de troubles cognitifs. Ces nouveaux outils évitent certains biais d'évaluation (liés au patient et à son accompagnant, ou au soignant) par la mesure objective d'un paramètre donné.

PRINCIPES TECHNOLOGIQUES

Ces technologies sont composées de nouveaux outils de mesure évaluant des paramètres cliniques peu ou pas encore étudiés, et de logiciels

spécialisés dans le traitement de l'information issue de ces mesures. Les récentes avancées électroniques, comme la miniaturisation des capteurs, permettent la mesure de nouvelles variables physiologiques.

Ces capteurs présentent plusieurs avantages tels que la possibilité d'une mesure continue et répétée (permettant d'évaluer, par exemple, un paramètre donné sur 24 heures consécutives). Cette mesure peut également être ambulatoire et écologique.

Grâce au développement de l'informatique dans le domaine de l'analyse de grands échantillons de données et de l'intelligence artificielle, ces applications permettent la discrimination de nouvelles variables physiologiques d'intérêt, ainsi qu'une personnalisation complète des approches non pharmacologiques. Les NTIC peuvent présenter un intérêt direct dans le dépistage, le suivi et la prise en charge des modifications cognitives, émotionnelles et comportementales chez la personne âgée.

LES SOLUTIONS NUMÉRIQUES DISPONIBLES

Le *serious game* (SG), jeu sérieux en français, est une application logicielle conçue pour d'autres

Nouvelles technologies et personnes âgées

but que le simple divertissement. Ses objectifs peuvent être l'enseignement, l'entraînement, l'information, la communication, le marketing [1], la conservation de la dimension ludique permettant une stimulation plus motivante. Les SG, parfois inspirés de jeux vidéo classiques, ont pour but l'évaluation, voire l'entraînement de certaines fonctions cognitives. Les jeux d'action à la première personne semblent améliorer les capacités visuo-spatiales et du traitement de l'information, incluant la mémoire de travail.

■ Chez le sujet âgé, particulièrement concerné par les pathologies neurodégénératives, les jeux vidéo de stratégie en temps réel ont montré des effets positifs sur les fonctions exécutives, sans bénéfice pour les autres domaines cognitifs [2]. Les capacités mnésiques sont l'un des enjeux majeurs actuels chez les sujets âgés. Un essai utilisant "Super Mario 64", jeu classique pour console de salon et faisant appel aux capacités de déplacement dans un environnement virtuel en 3 dimensions, a montré une augmentation du volume cérébral de l'hippocampe et du cortex préfrontal dorso-latéral après deux mois d'entraînement [3], laissant espérer un effet protecteur potentiel. Par ailleurs, l'exergame (EG) est une solution logicielle permettant, de manière associée, la réalisation d'une activité physique ou locomotrice (couplage avec un tapis de marche, un vélo d'appartement, une caméra Kinect).

■ La réalisation d'une activité locomotrice régulière prévient le risque de chute ainsi que la perte d'autonomie et a notamment été associée à une meilleure préservation des capacités cognitives de la personne âgée [4]. La stimulation de la fonction cardiorespiratoire par une activité physique régulière aérobie engendrerait une augmentation du flux sanguin cérébral. Une stimulation de l'angiogenèse s'y associe et permettrait une meilleure oxygénation du système nerveux central [5]. Ainsi l'EG associe stimulations locomotrices, cognitives et sociales s'inspirant des conditions d'environnement, comme ce qui est utilisé avec succès sur les modèles animaux. Les zones cérébrales concernées sont le lobe préfrontal, frontal et hippocampique correspondant bien aux zones impliquées dans les pathologies cognitives, émotionnelles et comportementales. Une amélioration des fonctions cognitives et une réorganisation des réseaux neuronaux vers un fonctionnement cérébral similaire à celui des jeunes adultes, ainsi qu'une augmentation du volume cérébral est décrite [6].

■ Plus spécifiquement dans la maladie d'Alzheimer, les EG montrent un bénéfice sur les fonctions cognitives, particulièrement exécutives, les fonctions cardiorespiratoires et les symptômes dépressifs. Une étude suggère même, après 3 mois d'utilisation d'un EG basé sur l'utilisation d'un vélo réel dans une course contre un adversaire virtuel, un taux de conversion des sujets sains vers des troubles neurocognitifs moins élevés [7].

LES INTERFACES DE RÉALITÉ VIRTUELLE

L'immersion virtuelle de la personne dans un environnement choisi, permet de reproduire une situation de vie réelle et serait parfaitement adaptée pour la réhabilitation cognitive, motrice et fonctionnelle. Les interfaces de réalité virtuelle (RV) utilisent un casque ou un écran géant 3D [1]. Il existe un domaine pour lequel la RV a montré une efficacité équivalente, voire supérieure aux environnements réels : les psychothérapies cognitives et comportementales [2]. Dans les troubles du spectre anxieux, les solutions de RV utilisent des techniques d'exposition visant à l'habituation du sujet face à un stimulus aversif. Elle permet d'évaluer le niveau d'aversion du patient qu'il est nécessaire de contrôler afin de maîtriser son exposition au stimulus aversif. Elle permet le déclenchement des aversions spécifiques au patient et de replonger ce dernier dans un environnement anxiogène comme la cabine d'un avion ou la présence d'une foule. Pour le traitement de la claustrophobie, par exemple, on propose aux participants d'explorer un appartement présentant des salles de plus en plus anxiogènes [3]. La RV permet l'utilisation de stimuli multimodaux (visuels et auditifs) comme dans les essais concernant la phobie des chiens [4], ou encore dans des environnements rappelant des scènes de guerre, dans les états de stress post-traumatique pour les soldats revenant de la guerre en Irak [5]. Différentes études ont montré que la RV permet d'améliorer les capacités visuo-spatiales, la vitesse de suivi visuelle, les fonctions mnésiques, et notamment l'attention [6].

LA TÉLÉMÉDECINE

La télémédecine est une technologie qui permet à un patient de consulter un professionnel de santé à distance. Ceci est particulièrement utile pour rendre accessibles des soins spécialisés pour les

RÉFÉRENCES

- [1] Weiss PL et al. Virtual reality in neurorehabilitation. In Selzer M, Clarke S, Cohen L et al. Textbook of Neural Repair and Rehabilitation. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. p. 182-197.
- [2] Parsons TD, Rizzo AA. Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias : a meta-analysis. J Behav Ther Exp Psychiatry. 2008;39(3):250-61.
- [3] Bruce M, Regenbrecht H. A virtual reality claustrophobia therapy system - implementation and test. 2009. IEEE.
- [4] Taffou M, Chapoullie E, David A et al. Auditory-visual integration of emotional signals in a virtual environment for cynophobia. Stud Health Technol Inform. 2012;181:238-42.
- [5] Yeh SC, Newman B, Liewer M et al. A Virtual Iraq System for the Treatment of Combat-Related Posttraumatic Stress Disorder. 2009. IEEE.
- [6] Legault I, Allard R, Faubert J. Healthy older observers show equivalent perceptual-cognitive training benefits to young adults for multiple object tracking. Front Psychol. 2013;4:1-7.
- [7] DeVido J, Glezer A, Branagan L et al. Telepsychiatry for Inpatient Consultations at a Separate Campus of an Academic Medical Center. Telemed J E Health. 2016; 22(7):572-576.
- [8] David R, Mullin E, Friedman L, Le Duff F et al. Decreased Daytime Motor Activity Associated With Apathy in Alzheimer Disease: An Actigraphic Study. Am J Geriatr Psychiatry. 2012;20(9):806-14.
- [9] Mahlberg R, Walther S, Eichmann U et al. Effects of rivastigmine on actigraphically monitored motor activity in severe agitation related to Alzheimer's disease: a placebo-controlled pilot study. Arch Gerontol Geriatr. 2007;45(1): 19-26.
- [10] Muller U, Czymmek J, Thöne-Otto A et al. Reduced daytime activity in patients with acquired brain damage and apathy: a study with ambulatory actigraphy. Brain Inj. 2006;20(2):157-60.



RÉFÉRENCES

[11] Nagels G, Engelborghs S, Vloeberghs E et al. Actigraphic measurement of agitated behaviour in dementia. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2006;21(4):388-93.
 [12] Wettstein M, Wahl HW, Shoval N et al. Identifying Mobility Types in Cognitively Heterogeneous Older Adults Based on GPS-Tracking: What Discriminates Best? *J Appl Gerontol*. 2015;34(8):1001-27.
 [13] König A, Crispim-Junior CF, Gomez Uria Covella A et al. Ecological Assessment of Autonomy in Instrumental Activities of Daily Living in Dementia Patients by the Means of an Automatic Video Monitoring System. *Front Aging Neurosci*. 2015;7:1-11.
 [14] König A, Satt A, Sorin A et al. Automatic speech analysis for the assessment of patients with predementia and Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement*. 2015;1(1):112-24.
 [15] Wrobel J, Pino M, Wargnier P et al. Robots et agents virtuels au service des personnes âgées : une revue de l'actualité en gérontechnologie. *Neurol Psychiatr Gériatr*. 2014;14(82):183-93.

Déclaration de liens d'intérêts
 Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

personnes en situation d'éloignement géographique ou les patients dont la fragilité limite les possibilités de déplacement. La télémédecine a montré une faisabilité pour les pathologies psychiatriques générales [7] et pour les atteintes neurodégénératives. Elle peut être utile pour les aspects de diagnostic mais également pour la prise en charge (psychothérapies) et le suivi à distance.

LES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Parmi les outils d'analyse du mouvement, on peut distinguer des capteurs portatifs et environnementaux. Ils permettent d'analyser de manière indirecte mais objective, la survenue de perturbations comportementales et émotionnelles sur une échelle de temps dépassant l'observation clinique standard habituelle. L'actigraphie est ainsi un dispositif porté (qui ressemble à une montre) d'analyse de l'activité motrice, qui peut permettre de mesurer indirectement des modifications comportementales comme le ralentissement dépressif, l'apathie, l'agitation, le sommeil ainsi que l'effet d'un médicament sur ces symptômes [8-11]. Le traceur GPS (*Global Positioning System*), également portatif, permet la localisation en temps réel d'une personne. Ce dispositif de localisation a été utilisé chez la personne âgée présentant une démence à risque de fugue ou de déambulation anormale [12]. Parmi les capteurs d'environnement, les caméras placées dans l'environnement habituel du sujet permettent de recueillir des informations cliniques pertinentes en pratique gérontologique, telle que la vitesse de marche. L'analyse automatisée du signal vidéo permet de distinguer le positionnement d'un individu incluant sa posture, une immobilisation prolongée ou la détection d'une chute. Appliquée au cours du cycle circadien, elle permet une analyse de la qualité du sommeil (détection des levers nocturnes et des siestes diurnes). Ce dispositif est notamment utilisé pour évaluer l'autonomie dans la réalisation des activités simples de la vie quotidienne des sujets âgés [13].

L'ANALYSE DE L'ÉTAT COGNITIF

Pour analyser l'état cognitif, les deux approches des NTIC sont, d'une part, la numérisation des tests cognitifs classiques et, d'autre part, le développement de *serious games*. Dans les SG, la mesure sera rapportée à celle de tests cognitifs validés. Le succès des jeux cognitifs développés à des fins commerciales montre l'engagement autonome

des patients dans leur autoévaluation. Cependant, la démocratisation des tests nécessite à la fois des validations scientifiques et des consignes précises afin d'éviter les biais liés à l'apprentissage face à un test qui sera répété. Le développement d'outils d'analyse automatisée du signal vocal permet la mesure de variables cognitives discriminantes. Fondée sur de récentes techniques d'intelligence artificielle, cette analyse vocale permet d'améliorer la précision du diagnostic de pathologies comme la maladie de Parkinson ou d'Alzheimer [14] et devrait favoriser le dépistage des troubles du spectre anxieux et thymique.

LES SOLUTIONS ROBOTISÉES

Les solutions robotisées, dénommées "robots sociaux d'assistance" peuvent être définies comme des entités sociales capables d'interagir avec l'utilisateur, des personnes en situation de handicap physique ou cognitif, dans le but de favoriser la participation à certaines activités (déplacement, tâches domestiques, surveillance) afin d'améliorer leur bien-être. Ces assistants prennent des apparences humanoïdes ou d'animaux de compagnie et pourraient accompagner les personnes âgées en perte d'autonomie pour les assister dans les tâches courantes. Ils amélioreraient leur qualité de vie par une stimulation plus fréquente et contribueraient au maintien à domicile de cette population [15].

CONCLUSION

Les NTIC constituent actuellement une formidable opportunité pour améliorer la prise en charge diagnostique et thérapeutique de la personne âgée. Elles améliorent l'objectivité, l'homogénéité et le caractère écologique des informations médicales recueillies. Les symptômes cognitifs, émotionnels et comportementaux ainsi que les capacités d'autonomie au domicile sont parfois difficilement évaluables, ces nouveaux outils sont alors particulièrement adaptés aux problématiques neuropsychiatriques en gérontologie. Les NTIC n'ont cependant pas pour vocation de remplacer les méthodes d'analyse clinique actuelles, mais ces outils d'aide pour le clinicien réalisent l'opportunité d'améliorer l'efficacité de son évaluation. Enfin l'approche personnalisée du patient laisse espérer une prise en charge plus observée en favorisant l'adhésion du patient par son implication personnelle et adaptée. ■



The Clock'N Test as a Possible Measure of Emotions: Normative Data Collected on a Non-clinical Population

Auriane Gros^{1,2*}, Valeria Manera², Anaïs Daumas³, Sophie Guillemain⁴, Olivier Rouaud⁴, Martine Lemesle Martin⁵, Maurice Giroud^{1,3} and Yannick Béjot^{1,3}

¹ Department of Neurology, University Hospital of Dijon and EA4184 of the University of Burgundy, Dijon, France, ² CoBTeK Team (Cognition Behavior Technology), Institut Claude Pompidou, University of Nice Sophia Antipolis, Nice, France, ³ Dijon Stroke Registry, University Hospital and Medical School of Dijon, University of Burgundy, Dijon, France, ⁴ Resource and Research Memory Center, Hospital of Dijon, Dijon, France, ⁵ Neurophysiology Department of Dijon, Dijon, France

Objective: At present emotional experience and implicit emotion regulation (IER) abilities are mainly assessed through self-reports, which are subjected to several biases. The aim of the present studies was to validate the Clock'N test, a recently developed time estimation task employing emotional priming to assess implicitly emotional reactivity and IER.

Methods: In Study 1, the Clock'N test was administered to 150 healthy participants with different age, laterality and gender, in order to ascertain whether these factors affected the test results. In phase 1 participants were asked to judge the duration of seven sounds. In phase 2, before judging the duration of the same sounds, participants were presented with short arousing video-clip used as emotional priming stimuli. Time warp was calculated as the difference in time estimation between phase 2 and phase 1, and used to assess how emotions affected subjective time estimations. In study 2, a representative sample was selected to provide normative scores to be employed to assess emotional reactivity (Score 1) and IER (Score 2), and to calculate statistical cutoffs, based on the 10th and 90th score distribution percentiles.

Results: Converging with previous findings, the results of study 1 suggested that the Clock'N test can be employed to assess both emotional reactivity, as indexed by an initial time underestimation, and IER, as indexed by a progressive shift to time overestimation. No effects of gender, age and laterality were found.

Conclusions: These results suggest that the Clock'N test is adapted to assess emotional reactivity and IER. After collection of data on the test discriminant and convergent validity, this test may be employed to assess deficits in these abilities in different clinical populations.

Keywords: emotional disorders, priming effect, skin conductance, time estimation, neuropsychological test

OPEN ACCESS

Edited by:

Nuno Sousa,
University of Minho, Portugal

Reviewed by:

Rocco Admon,
McLean Hospital, Harvard Medical
School, USA
Johannes Schiebener,
University of Duisburg-Essen,
Germany

*Correspondence:

Auriane Gros
gros.a2@chu-nice.fr

Received: 12 October 2015

Accepted: 18 January 2016

Published: 05 February 2016

Citation:

Gros A, Manera V, Daumas A, Guillemain S, Rouaud O, Lemesle Martin M, Giroud M and Béjot Y (2016) The Clock'N Test as a Possible Measure of Emotions: Normative Data Collected on a Non-clinical Population. *Front. Behav. Neurosci.* 10:8. doi: 10.3389/fnbeh.2016.00008

INTRODUCTION

Despite the disparate number of definitions (Kleinginna and Kleinginna, 1981), it is widely accepted that emotions are complex sets of reactions consisting of three components: (1) a behavioral/expressive component, indexed by emotional behaviors and emotional facial and bodily expressions; (2) a cognitive/experienced component, indexed by self-reported emotional feelings; and (3) a physiological/autonomic component, indexed by changes in the heart rate, electrodermal response (or skin conductance), body temperature and respiratory rate (Dimberg, 1987). These three emotion components are often measured separately, and employing different tests and tasks. For instance, the cognitive/experienced component is mainly assessed through self-report instruments, such as interviews or self-report questionnaires, which can evaluate either the person's *emotional experience/reactivity* (self-reported perceived emotions) or her *emotion regulation (ER)* abilities (ability to up- or down-regulate the perceived emotions).

Separating these three components facilitates the study of emotions. However, the distinction is artificial, and the three elements are strongly interrelated and they influence each other in several bidirectional ways. For instance, experiencing emotions—such as fear—and displaying them through facial expressions activates consistently the autonomic system, as indexed, for instance, by an increase in skin conductance, with more intense emotional experience resulting in increased physiological activations (Christie and Friedman, 2004). Similarly, adopting the facial expression of an emotion can contribute to the feeling of the corresponding emotion (Buck, 1980), as well as to the activation of the corresponding physiological system (Levenson et al., 1990). Thus, designing tasks that can tap into several different components is an important research priority.

In the present article, we will present normative data for a recently developed instrument, the Clock'N test (Gros et al., 2015). Based on an emotional priming time estimation task, this test allows to assess *implicitly* the emotional experience and the ER linked to the cognitive/experiential component of emotions, while tapping into the physiological emotion component. In the next sections, we will first describe the main tasks currently employed to measure emotional experience and ER. Next, we will describe how time estimation works, and how it is influenced by emotions. Finally, we will briefly describe the Clock'N Test.

Emotional Experience

Emotional experience is usually assessed through self-report rating scales in which the participant needs to assess to what degree he is feeling specific emotions. For instance, based on a categorical emotion approach (e.g., Ekman, 1992), the Differential Emotions Scale (DES; Ouss et al., 1990), the Brief Mood Inventory Scale (BMIS; Niedenthal and Dalle, 2001) and the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS; Watson et al., 1988) consist of lists of emotional adjectives/emotions in which the participant must rate, on a numeric scale, to what extent he/she is feeling the corresponding emotion. Similarly,

based on a dimensional emotion approach (e.g., Russell, 1994), the Pleasure Arousal Dominance scale (PAD; Mehrabian, 1996) requires participants to rate their level of pleasure, activation and dominance on a numerical scale. The Self-Assessment Manikin scale (SAM; Bradley and Lang, 1994) measures the same dimensions, but using non-numerical/non-verbal pictorial assessment scale, thus overcoming some difficulties often identified with the verbal scales (e.g., difficult to employ in childhood and for cross-cultural studies).

Despite all these instruments are well validated and currently employed in the clinical practice, they heavily rely on the person's self-awareness, and thus may be biased by the instructions and the participant's expectations.

Emotion Regulation

ER refers to the processes meant to influence the intensity, duration and type of emotion experienced (Gross and Thompson, 2007). ER permits flexibility in emotional responding in accord with one's momentary as well as one's longer term goals in any given situation. For instance, ER can be useful to reduce the intensity and/or the duration of negative emotions, such as anger (Kashdan et al., 2015) or sadness (Millgram et al., 2015). ER comprises a set of different strategies, including for instance attentional deployment, in which the attention is shifted away or towards emotional aspects of a stimulus or situation (Manera et al., 2014), cognitive reappraisal, in which people change the way they think about a stimulus or situation in order to reduce negative feelings (e.g., Gross, 1998; Ochsner et al., 2002), and expressive suppression, in which people hide their emotions so that someone watching them would not know what they are feeling (Gross and Levenson, 1993; Lévesque et al., 2003). A variety of classification systems exist for emotion regulatory processes (e.g., Gross, 1998; Koole, 2009). For the purposes of the present article, a distinction particularly relevant is that described by Gyurak et al. (2011), referring to explicit (effortful) vs. implicit (automatic) ER processes. Following this classification, explicit emotion regulation (EER) processes require conscious effort for initiation, demand some level of monitoring during implementation, and are associated with some level of insight and awareness. EER are studied by asking participants to use a specific strategy, such as cognitive reappraisal, attentional deployment or expressive suppression to change the way they feel (Gross, 1998). EER abilities have investigated in an extensive corpus of literature (for reviews, see Gross, 2013), and through several tasks, ranging from self-report questionnaires (e.g., the ER Questionnaire, Gross and John, 2003), and the Kentucky Inventory of Mindfulness Skills (KIMS; Baer et al., 2004) to informant reports (e.g., the Weekly Coping Questionnaire, Khor et al., 2014), to naturalistic observation and behavior coding (see Weiss et al., 2014). Implicit emotion regulation (IER) processes are believed to be evoked automatically by the stimulus itself and run to completion without monitoring and can happen without insight and awareness. IER includes, among others, emotional conflict adaptation, habitual ER, emotion regulatory goals and values, and ER as a result of affect labeling (Gyurak et al., 2011). Surprisingly, IER strategies have received much less attention

in the literature (Gyurak et al., 2011). This is unfortunate, as deficits in IER have important maladaptive consequences, as shown by the functional impairment of patients with generalized anxiety disorder (Etkin et al., 2010). Tasks employed to assess IEM include a few self-report questionnaires (e.g., Gross and John, 2003), and implicit tasks such as the emotional conflict task, employed to assess emotional conflict adaptation (Etkin et al., 2006). This is the emotional version of the classic Stroop paradigm (Stroop, 1935), and assesses IER through a progressive reduction in reactions times in trials in which there is a conflict between the photograph of an emotional faces (e.g., fearful) and the word (e.g., "happy") written over it. The emotional conflict task has shown to be useful in clinical populations, such as patients with social anxiety disorders (Etkin et al., 2010). However, as the task relies on reaction times, it is not suitable to pathological populations with motor deficits, such as patients with Parkinson's disease (PD), or to patients showing a slowdown in response due to psychomotor problems, such as affective deficits.

Time Perception and the Internal Clock Theory

In Treisman (1963) elaborated his internal clock theory, which is the basis of all the current models of time estimation. He suggested to that our time measuring mechanisms can be described as an internal clock consisting of an arousal-sensitive pacemaker, which sends continuously and constantly pulses to a counter. The model also involves a store of "reference" durations, and a comparator mechanism. Subjective time estimations derive from the comparison of values in the counter and in the store. In this model, internal and external stimuli are supposed to modify the activity of the internal clock by modifying the activation of the physiological/arousal system, which affects the activity of the pacemaker. For instance, arousing emotional stimuli are supposed to speed up the pacemaker, which sends more pulses to the counter, thus resulting in a subjective time overestimation. Treisman's internal clock model was remodeled by Gibbon's scalar theory (Gibbon et al., 1977, 1984). Gibbon added to the basic architecture of Treisman's model the idea of a switch, which can stop the pulse count and can be activated by attentional mechanisms, that is by cognitive factors. When the switch is activated, it prevents the pulses to enter into the accumulator, thus resulting in a time underestimation. Based on this model, we can thus assume that duration judgments reflect both a physiological, arousal-mediated component, and a cognitive, attention-mediated component. Several studies focused on divided attention have confirmed that, when participant's attention is captured away from the time estimation task, it results in a time underestimation (Coull et al., 2004, 2011; Buhusi and Meck, 2005; Ulrich et al., 2006; Shi et al., 2013; Henry et al., 2015).

Effect of Emotions and Attentional Processes on the Time Estimation

Consistent with the internal clock models, studies conducted so far demonstrated that emotional stimuli can result either in a

time overestimation, either in a time underestimation depending on whether the emotional arousal component or the attentional cognitive component is prevailing (Lejeune, 1998; Elliott et al., 2000; Burle and Casini, 2001).

The arousal-elicited time overestimation has been studied since the 1960's. Langer et al. (1961) were the first to show that inducing anxiety (by exposing participants to a dangerous situation) produced a temporal overestimation proportional to the intensity of the perceived danger. Based on the internal clock theory, it can be assumed that danger perception increases the pacemaker pulse rate, which thus generates a higher number of pulses that under normal conditions, resulting in a time overestimation. Watts and Sharrock (1984) confirmed these results studying patients suffering from arachnophobia. Similarly, it has been shown that stressful situations (such as the fear of electric shocks or of unpleasant social interactions) induce duration overestimates (for a review, see Hancock and Weaver, 2005). Also, several studies showed that stimuli depicting negative emotions are perceived as longer in duration compared to neutral stimuli (Wittmann et al., 2010; Grommet et al., 2011; Gil and Droit-Volet, 2011; for reviews, see Gil and Droit-Volet, 2012; Gros et al., 2015). Interestingly, the overestimation effect is stronger when emotions are presented in the context of a social interaction (Thayer and Schiff, 1975), thus suggesting that emotion-elicited time overestimates is not found only in laboratory settings, but can be reproduced in real-life situations.

Recent studies have also confirmed the involvement of the attentional system in emotion-related time estimates (Zakay, 1989; Zakay and Block, 1996; Liu et al., 2015). It has been repeatedly shown that the more our attention is captured by relevant aspects of a stimulus/situation, the more the time seems short (Macar et al., 1994). Angrilli et al. (1997), using emotional pictures, showed that the duration of highly arousing, unpleasant pictures was overestimated, whereas the duration of highly arousing pleasant pictures was underestimated. Inversely, when employing low arousing pictures, the duration of unpleasant pictures was underestimated, while the duration of pleasant pictures was overestimated. The authors interpreted this opposite direction of the valence effect as a function of arousal as evidence that two different mechanisms are involved: an attention-driven mechanism for low arousal, and an emotion-driven mechanism for high arousal. Also, Droit-Volet et al. (2010) showed that the duration of musical excerpts was underestimated compared to the duration of neutral sounds, possibly due to the fact that music captures the attentional system more consistently. Zélandi and Droit-Volet (2012) have recently shown that children become more accurate in estimating the duration of sounds earlier compared to what occurs for images, a result which has been interpreted as evidence that visual stimuli engage the executive attentional system more consistently than auditory stimuli.

The Priming Paradigm and the Clock'N Test

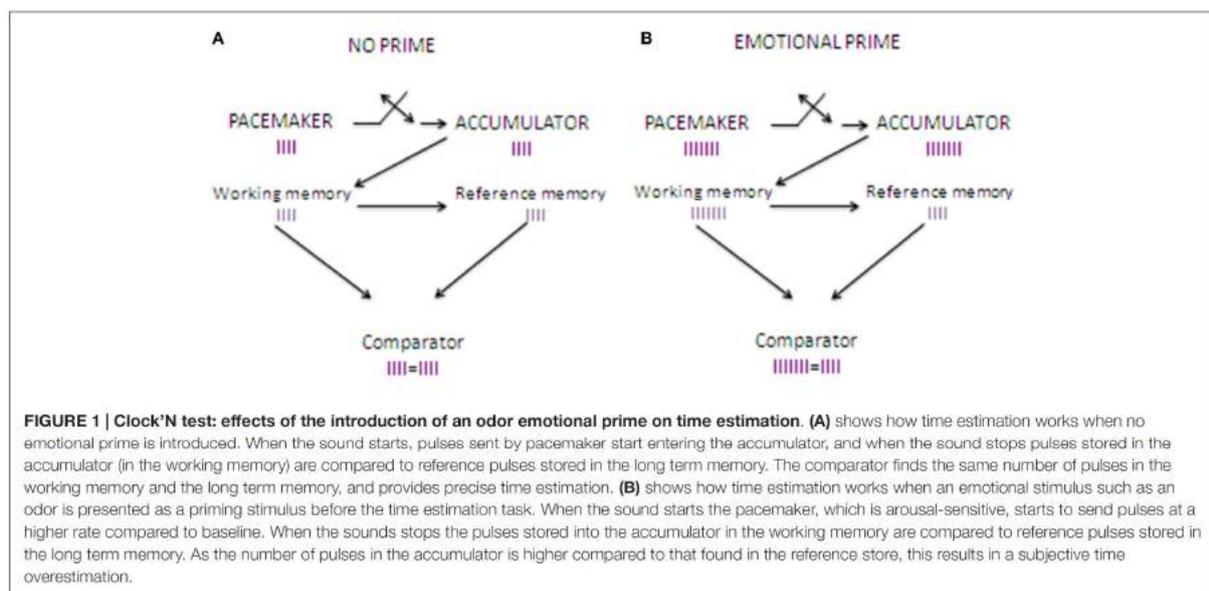
The priming paradigm is ideal to explore emotional processing in an implicit way, thus minimizing the role played by

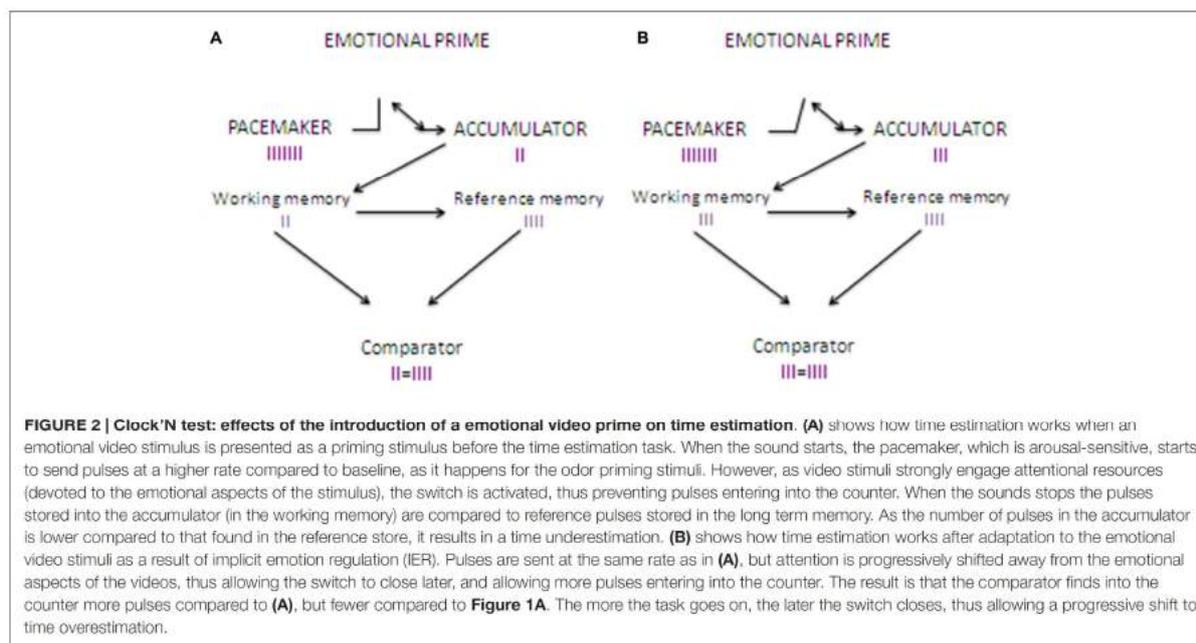
self-awareness and other high-level cognitive factors. The priming paradigm consists of presenting two stimuli sequentially, and observing the influence of the first (the prime) on the second (the target). Based on this paradigm, Gros et al. (2014, 2015) recently developed the The Clock'N Test, an emotional-priming time estimation task which was designed to study implicitly the effects of arousal-mediated and attention-mediated mechanisms on time estimation. In this test, participants have to estimate the duration of a neutral sound through a classical temporal bisection task (see below). Critically, the presentation of the sound is preceded by the presentation of emotional priming stimuli. In the first study, Gros et al. (2014) used olfactory stimuli as priming stimuli, which are well known to activate consistently the arousal system (Bensafi et al., 2002). Accordingly, they found an increase in skin conductance after the odor presentation, which was associated to a sound duration overestimation for all the presented stimuli, thus confirming that odors engaged the arousal-system consistently for the entire duration of the task (see Figure 1).

In their next study, Gros et al. (2015) compared the effect of odors and emotional videos priming stimuli. Confirming previous findings, odors resulted in a constant increase in skin conductance, accompanied by a constant time overestimation for the entire duration of the task. Interestingly, when videos were employed as priming stimuli, an initial increase in skin conductance was accompanied by sound duration underestimation. Critically, the level of physiological activation decreased progressively from the first to the last presented stimulus and was associated to a progressive shift from time underestimation to time overestimation. The results were interpreted as evidence that, at the beginning of the task, the emotional aspects of the videos captured consistently attentional resource, thus resulting in a time underestimation

accompanied by high arousal. In terms of the internal clock theory, even if the pacemaker was accelerating and sending more pulses due to the emotional arousal, attentional mechanisms activated the internal switch, thus preventing the pulses to enter into the counter, and resulting in a time underestimation (Tse et al., 2004; Zakay, 2005). After the presentation of some stimuli, IER mechanisms reduced progressively the attention devoted to the emotional aspects of the videos and the participant's arousal (which, however, never reached the zero). This allowed to re-open the switch, thus allowing the pulses to enter again into the counter, and to shift progressively towards the classical emotion-elicited time overestimation (see Figure 2).

In summary, even if evidence on discriminant and convergent test validity are still lacking, the task employing emotional videos as priming stimuli has been suggested to be useful to assess implicitly: (a) emotional reactivity, as indexed by the time underestimation observed in the first part of the task (and accompanied by high arousal), consequence of the attention devoted to the emotional aspects of the videos; and (b) IER abilities, as indexed by the progressive shift from time underestimation to time overestimation (accompanied by a progressive decrease in arousal), consequence of the habituation (reduction of the attention devoted) to the emotional aspects of the videos. Due to its implicit format, this task could be particularly suitable to study deficits in emotional reactivity and ER in clinical populations, such as patients with brain lesions affecting the arousal mechanisms (e.g., amygdala) or the regulation mechanisms (e.g., prefrontal regions). However, in order to be employed in the clinical practice, the test must be first validated on healthy participants, and normative data must be obtained for different categories of participants (e.g., males vs. females, elderly vs. young persons, etc.).





The purpose of the present article is to present normative data collected on a representative sample of healthy participants for the Clock'N test (video task). Study 1 was designed to replicate the results of Gros et al. (2015) on a bigger ($N = 150$) and more representative sample of participants, and to investigate the existence of effects of age, gender and laterality on the task. Study 2 was designed, first, to calculate meaningful scores to be employed in the clinical practice as proxy for emotional reactivity and IER ability; second, to provide psychometric indexes of the distribution of these scores in a representative population of healthy participants; and finally, to provide empirical cutoffs for these scores.

STUDY 1

Materials and Methods

Ethics Statement

Ethics approval was granted by the Ethics Committee Est I (France), and the study was labeled as non-interventional. A statement was made to the National Commission for Computing and Liberties by the Department of Clinical Research and Innovation by the Hospital of Dijon. Statement Number: 1758780v0, April 2014.

Participants

One hundred and fifty healthy adults participated in this study (68 M, 82 F; age range: 20–77 years; mean age: 46.5 years, SD: 17.0 years). They were all residents of the Burgundy region (France), and their mother tongue was French. One hundred and thirty three participants were right-

handed, 12 participants were left-handed, and the remaining 5 participants were ambidextrous. Twenty four participants had less than 12 years of formal education (study certificate lower than the French BAC), 55 had 12 years of education (BAC certificate), 37 had 14 years of education (BAC+2 certificate), and the remaining 34 had 16 years of education or more (BAC+4 or more). Participants were not included if they had pathologies causing cognitive impairment (e.g., brain tumor, neurological disorder) and visual or auditory impairments. The Hamilton Depression Rating Scale (HDRS; Hamilton, 1980) was employed to evaluate the presence of depressive symptoms.

Tasks and Design

Video priming stimuli

The video stimuli were selected from the tool developed by Schaefer et al. (2010). We conducted pretests with more than 50 healthy participants, to select the films clips that were not traumatizing, but still able to generate a consistent electrodermal response. Seven films were selected: three films with positive valence and four with negative valence. In the original study, the valence (positive and negative) was assessed with a validated French translation (Gaudreau et al., 2006) of the PANAS (Watson et al., 1988). For each of the 20 emotion-related words, participants used a 5-point scale (1: "very slightly or not at all", 5: "extremely") to rate the extent to which they felt each emotion as they were watching the film clip. The selected video-stimuli were previously employed as priming stimuli by Gros et al. (2015), who confirmed that all the stimuli were arousing, and were able to produce a significant effect on target sound stimuli.

Target sounds employed for the time estimation task

The auditory stimuli employed for the time estimation task were generated with the software PRATT (LF-ARX model). This is an algorithm for the sound analysis/synthesis able to produce different voice components which has often been employed to explore the acoustic components associated to different emotions. Critically, the software allows generating pure sounds with the desired frequency and intensity. For the purposes of the present study, we selected a pure sound, which has the advantage of not being associated to any personal experience, as it does not exist in nature. The same sound was generated in seven different durations all shorter than 2 s (0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.6 s). Indeed, we know that for sounds longer than 2 s we can use other strategies, such as counting, to increase the time estimation accuracy (Burle and Casini, 2001).

Experimental Design and Procedure

The study took place in a temperature controlled and well ventilated room at the Exploration Lab Nervous System of Dijon (France). The experiment consisted of two phases occurring sequentially. In the first phase (phase 1), we determined a time judgment baseline for each participant, as duration judgments are known to vary consistently across individuals, and are affected by multiple factors (e.g., time of the day, age, sex, attention; Lejeune, 1998; Bschor et al., 2004; Droit-Volet et al., 2007). In the second phase (phase 2), we explored whether the subjective time judgment varied with the presentation of olfactory or visual priming stimuli.

Phase 1: subjective time estimation

As temporal distortions can be caused by several factors, including individual differences (Bschor et al., 2004; Droit-Volet et al., 2007), before starting the task we create a subjective time estimation baseline for each participant, by asking the participant to judge the duration of the same sounds presented later in the priming task. Similarly we collected the basic electrodermal response of each participant because they can vary depending on many factors (such as age, sex, health status, etc.).

Participants were presented with a paper sheet with a 20 cm line with three anchor points indicating 0, 1 and 2 s. Before

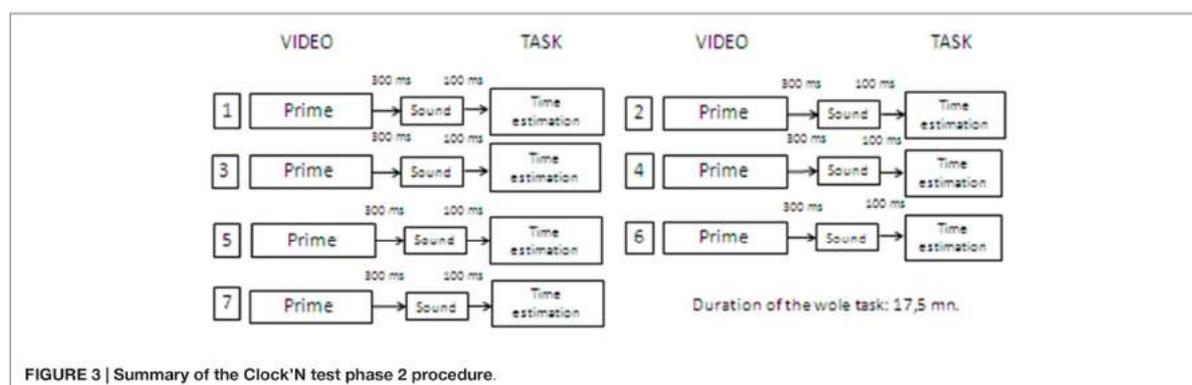
starting the time estimation task, participants were presented with two sounds of 1 and 2 s, to give them standard reference points. Participants were then presented with seven sounds of 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 and 1600 ms in the following order: 1400, 600, 1200, 400, 800, 1000 and 1600 ms. The task progression was the same for all participants. After each sound, participants were asked to bisect the line in front of them to indicate the estimated duration of the sound. They were given no feedback on their performance. These estimates were used as a baseline for the time estimation made in Phase 2.

Phase 2: priming task with video stimuli

Participants were asked to watch a short video-clip. After 300 ms from the video presentation (Hermans et al., 2001), participants were presented with a target sound and asked (after 100 ms) to estimate its duration with the same line bisection procedure used in Phase 1. The time interval between two different trials was one and a half minutes and equivalent across conditions. The procedure was repeated seven times, with seven different videos and the seven sounds employed in Phase 1 (presented in the same randomized order as in Phase 1; see Figure 3). Participants were not asked to provide ratings on the emotional priming stimuli because this would have focused their attention to the emotional aspects of the task. They were given no feedback on their performance at any time. The whole task took around 15–20 min to complete.

Data Analysis

In order to obtain unbiased measures of time estimation, we calculated for each stimulus: (1) the *baseline time estimation*, i.e., the difference between time estimation provided in phase 1 and the real sound duration; (2) the *emotional priming time estimation*, i.e., the difference between time estimation provided in phase 2 and the real sound duration; and (3) the *time warp*, i.e., the difference between the time estimation provided in Phase 2 and the time estimation provided in Phase 1. The baseline time estimation, the emotional priming time estimation and the time warp were then submitted to a repeated-measure ANOVA with task progression (from the



1st to the 7th presented stimulus) as a within-subject variable and age (19–39 years, 40–60 years and 61–81 years), gender (male vs. female) and laterality (right-handed, left-handed and ambidextrous) as between-subject factors. The ANOVA linear contrast was also reported. Statistical analyses were performed using SPSS 20.0 (IBM).

Results

Baseline Time Estimation (Phase 1)

A single sample *t*-test (test value = 0) conducted on the mean baseline time estimation (mean difference between time estimation provided in phase 1 and the real sound duration for the seven stimuli) revealed that, as a group, participants had a slight tendency to underestimate the sound durations ($M = -1.01$, $SD = 2.46$, $t_{(149)} = -5.04$, $p < 0.001$). A repeated measures ANOVA on the baseline time estimation with task progression as within-subjects factor revealed a significant effect of task progression ($F_{(6,894)} = 41.89$, $p < 0.001$), with the baseline time estimation decreasing linearly from the first to the last presented stimulus (linear contrast, $F_{(1,149)} = 103.56$, $p < 0.001$; see Figure 4).

Effect of age, gender and laterality

A repeated measures ANOVA on the baseline time estimation with task progression as within-subjects factor and age (19–39 years, 40–60 years and 61–81 years), gender (male vs. female) and laterality (right-handed, left-handed and ambidextrous) as between-subject factors confirmed the significant effect of task progression ($F_{(6,810)} = 7.23$, $p < 0.001$), with the baseline time estimation decreasing linearly from the first to the last presented stimulus (linear contrast, $F_{(1,135)} = 6.13$, $p < 0.001$). No main effect of age ($F_{(2,135)} = 0.63$, $p = 0.534$), Gender ($F_{(1,135)} = 0.25$, $p = 0.620$) or laterality ($F_{(2,135)} = 0.06$, $p = 0.947$) was found. A significant interaction between task

progression and age was found ($F_{(12,810)} = 1.84$, $p = 0.039$), with participants in the intermediate age group (40–60 years) showing a less linear decrease of the baseline time estimation compared to younger and older participants. No other interaction reached statistical significance (all $ps > 0.193$).

Emotional Priming Time Estimation (Phase 2)

A single sample *t*-test (test value = 0) conducted on the mean emotional priming time estimation (mean difference between time estimation provided in phase 2 and the real sound duration for the seven stimuli) revealed that, as a group, participants had a tendency to underestimate the sound durations ($M = -1.94$, $SD = 2.77$, $t_{(149)} = -8.59$, $p < 0.001$). A repeated measures ANOVA on the baseline time estimation with task progression as within-subjects factor revealed a significant effect of task progression ($F_{(6,894)} = 28.26$, $p < 0.001$), with the baseline time estimation increasing linearly from the first to the last presented stimulus (linear contrast, $F_{(1,149)} = 34.24$, $p < 0.001$; see Figure 4).

Effect of age, gender and laterality

A repeated measures ANOVA on the emotional priming time estimation with task progression as within-subjects factor and age (19–39 years, 40–60 years and 61–81 years), gender (male vs. female) and laterality (right-handed, left-handed and ambidextrous) as between-subject factors confirmed the significant effect of task progression ($F_{(6,810)} = 2.71$, $p = 0.013$), with the baseline time estimation decreasing from the first to the last presented stimulus. No main effect of age ($F_{(2,135)} = 1.02$, $p = 0.363$), Gender ($F_{(1,135)} = 0.07$, $p = 0.792$) or laterality ($F_{(2,135)} = 0.70$, $p = 0.496$) was found. No two-way or three-way interaction reached statistical significance (all $ps > 0.177$).

Time Warp (Phase 2 Minus Phase 1)

The time warp (difference between time estimation provided in phase 2 and phase 1) divided by age, gender and laterality is reported in Figure 5. A single sample *t*-test (test value = 0) conducted on the mean time warp revealed that, as a group, participants had a slight tendency to underestimate the sound durations after emotional priming ($M = -0.94$, $SD = 2.41$, $t_{(149)} = -5.40$, $p < 0.001$). This is in line with the results obtained in our study report employing the same stimulus material. In line with the results of Gros et al. (2015), a repeated measures ANOVA on the time warp with task progression as within-subjects factor revealed a significant effect of task progression ($F_{(6,894)} = 59.79$, $p < 0.001$), with the time warp increasing linearly from the first to the last presented stimulus (linear contrast, $F_{(1,149)} = 137.20$, $p < 0.001$). In order to check whether the time warp change was driven by the duration of the target sounds, we recomputed the ANOVA ordering the stimuli based on the target sound duration (from the shorter, 400 ms, to the longer, 1600 ms). The linear contrast using the duration of the target sounds as a ordering variable was not statistically significant ($F_{(1,24)} = 0.12$, $p = 0.733$), thus suggesting that the presentation order, and not the duration of the target sounds, was indeed the critical variable in generating the time warp shift.

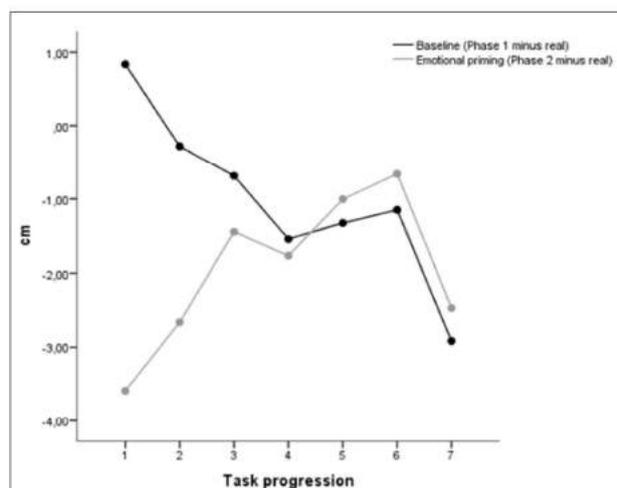
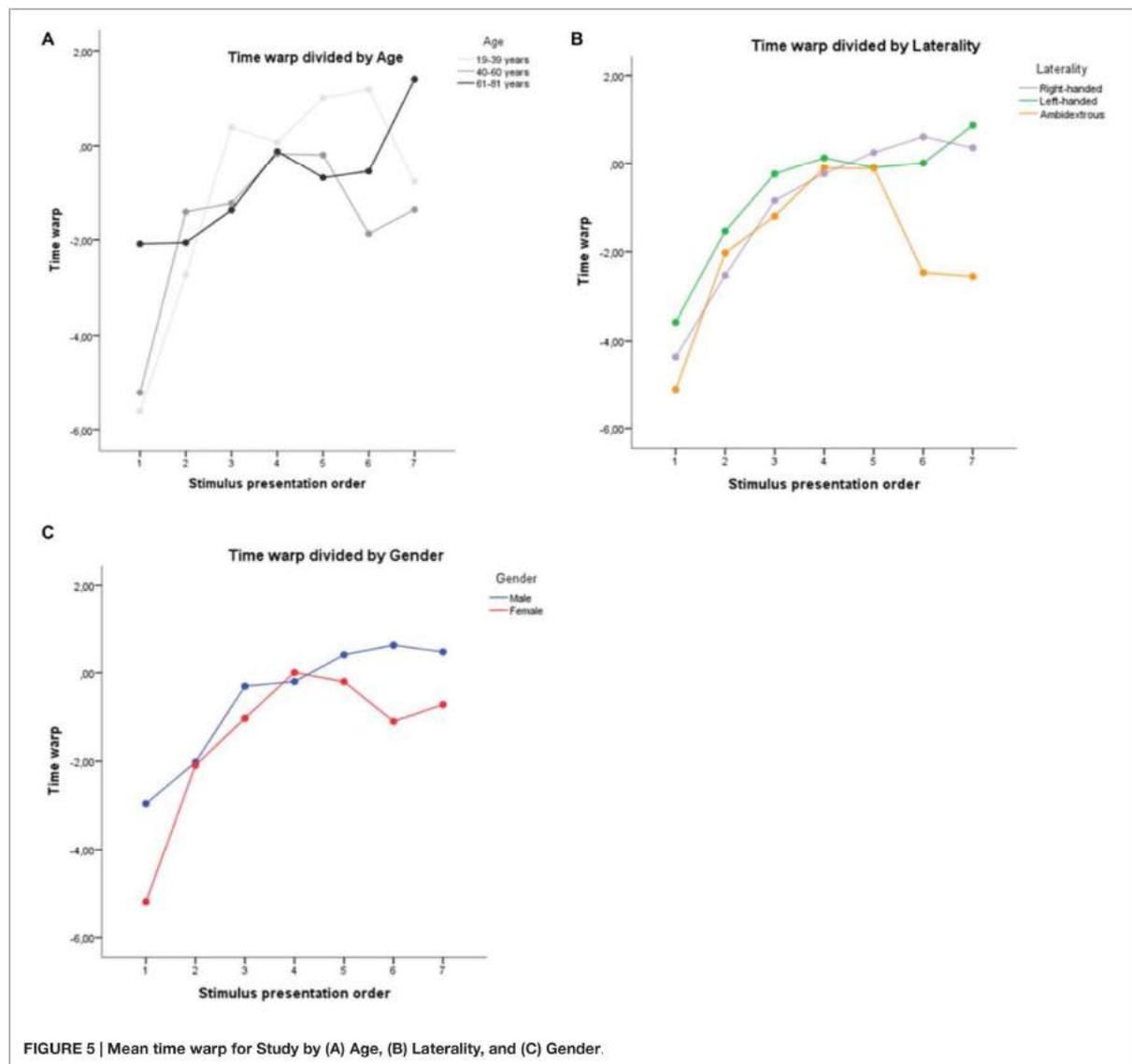


FIGURE 4 | Time estimates for Phase 1 and Phase 2 (difference compared to real sound duration).



Effect of age, gender and laterality

A repeated measures ANOVA on the time warp with task progression as within-subjects factor and age (19–39 years, 40–60 years and 61–81 years), gender (male vs. female) and laterality (right-handed, left-handed and ambidextrous) as between-subject factors confirmed the significant effect of task progression ($F_{(6,810)} = 7.99, p < 0.001$), with the time warp increasing linearly from the first to the last presented stimulus (linear contrast, $F_{(1,135)} = 13.88, p < 0.001$). No main effect of age ($F_{(2,135)} = 0.28, p = 0.753$; **Figure 1A**), gender ($F_{(1,135)} = 0.02, p = 0.900$; **Figure 1B**) or laterality ($F_{(2,135)} = 0.63, p = 0.535$; **Figure 1C**) was found. A significant interaction between task progression and age was

found ($F_{(12,810)} = 2.18, p = 0.011$)¹, thus confirming all the research suggesting a change in the emotional process during age. No other interaction reached statistical significance (all p s > 0.174).

Age. Contrary to what might have been expected from the literature (Sims et al., 2015; Scheibe et al., 2015), we did not

¹The results are the same if age (years) is used as a covariate in the Anova; no main effect of age is found $F_{(1,143)} = 0.04, p = 0.836$, while the interaction between age and task progression is statistically significant $F_{(1,143)} = 5.88, p = 0.017$.

find that older people had a faster shift to time overestimation compared to younger people.

Gender. Even if not statistically significant, it is noteworthy that the time underestimation at the beginning of the study was more pronounced in women compared to men. These results are consistent with previous reports that suggest a higher emotional reactivity among women (McManis et al., 2001).

Laterality. Data inspection revealed that the performance of the ambidextrous was clearly different from the right-handed and left-handed participants, especially in the last three stimuli, where they did not show any passage to a temporal overestimation (the absence of statistical significance can be explained by the low number of ambidextrous participants, $N = 5$). This finding is consistent with the literature that shows lower emotional reactivity in ambidextrous (Christman, 2014).

STUDY 2

Based on the data collected in Study 1, the objective of Study 2 was to establish normative scores for the Clock'N test, to be employed in the clinical practice. As detailed in the introduction, the task employing emotional videos as priming stimuli involves (in our interpretation of the results) two different mechanisms: (1) an attention-related mechanism (i.e., the attention is captured by the emotional aspects of the video), which has a stronger effect in the first phase of the task, and results in a time underestimation associated to high arousal (as indexed by skin conductance, see Gros et al., 2015); and (2) an implicit emotion-regulation mechanism (IER, i.e., a decrease in the attention devoted to the emotional aspects of the videos), which results in an progressive shift from time underestimation to time overestimation over the second part of the task, with a correspondent progressive decrease in arousal.

The objective of the present study was to define two separate scores to be used as proxies of individual emotional reactivity and IER.

Participants

In order to obtain a sample representative of the general population for age and gender, we referred to the INSEE data (results collected until the end of 2014), and we randomly selected from the sample collected in study 1 $N = 137$ participants, distributed as follows: 54 participants in the 19–39 years range (24 M, 30 F), 48 participants in the 40–60 years range (24 M and 24 F) and 35 participants in the 61–81 years range (16 M and 19 F). 20 participants had less than 12 years of formal education (study certificate lower than the French BAC), 49 had 12 years of education (BAC certificate), 36 had 14 years of education (BAC+2 certificate), and the remaining 32 had 16 years of education or more (BAC+4 or more). One hundred and twenty five participants were right-handed, and 12 participants were left-handed. Ambidextrous participants tested in Study 1 ($N = 5$) were excluded because they were too few, and because

data inspection revealed a different performance in the last part of the experiment.

In order to check that the results found in Study 1 were replicated in the new sample, we repeated all the data analyses reported in the previous study on the new sample. No differences were found between the full sample used in Study 1 and the representative sample selected for Study 2.

Definitions of the Scores

In order to measure separately the two mechanisms of emotional reactivity and EIR, we first analyzed when participants, as a group, shifted from time underestimation to time overestimation. For each participant, we first fitted a regression line to the time warp data, putting the seven stimuli (ordered based on the original task progression) on the y -axis (ordinate), and the time warp on the x -axis (abscissa). We then calculated the line intercept using the Microsoft Excel “Intercept” function, to calculate the y -value (stimulus) for which the x (time warp) was equal to zero. Descriptive analysis revealed that, for more than 50% of participants, the passage from time underestimation to time overestimation took place around the 4th presented stimulus ($M = 4.25$, $SD = 0.77$; median = 4.23; see Figure 6). This result is consistent with the results of our previous study (Gros et al., 2015). Using the 4th stimulus as a cutoff, we then calculated the two following scores:

Score 1: mean time warp among the first three presented stimuli, which represents a measure of emotional reactivity; lower scores indicates higher emotional reactivity.

Score 2: difference between the mean time warp in the last three presented stimuli and score 1; higher scores indicates stronger EIR skills, given the presence of emotional reactivity (low score 1).

An alternative method to evaluate the EIR skills is to fit a regression line to the individual time warp data (putting the

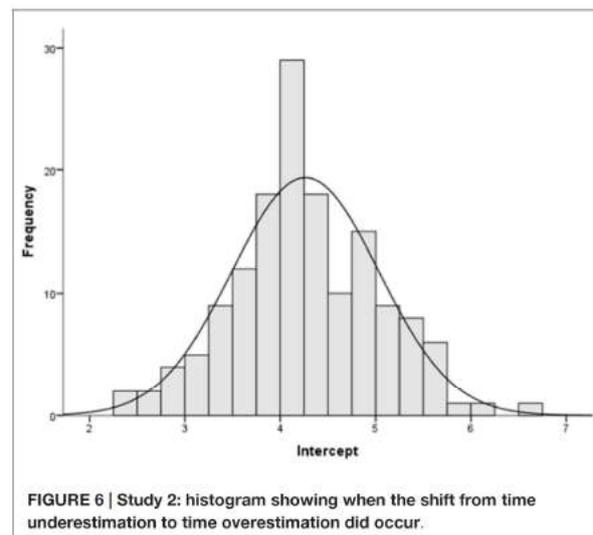


TABLE 1 | Descriptive analyses for score 1 and score 2.

		Mean (SD)	Range	Skewness (SE)	Kurtosis (SE)
Score 1	cm	-2.58 (2.84)	-10.17–10.07	0.56 (0.21)	2.20 (0.41)
	s	-0.25 (0.28)	-2.03		
Score 2	cm	3.11 (3.30)	-6.83–14.00	0.35 (0.21)	1.18 (0.41)
	s	0.31 (0.33)	-2.08		

TABLE 2 | Clock'N test: normative data.

		10%	25%	50%	75%	90%
Score 1	cm	-6.04	-4.48	2.63	0.63	0.67
	s	-0.6	-0.45	0.26	0.06	0.07
Score 2	cm	-0.71	1	2.77	5.12	6.95
	s	-0.07	0.1	0.28	0.51	0.69

time warp on the y -axis and the seven stimuli ordered based on the original task progression on the x -axis) and calculate the line slope (for instance with the Microsoft Excel function "slope"). A higher slope indicates a faster shift from time underestimation to time overestimation, and thus stronger EIR skills. However, we decided to provide normative data only concerning Score 1 and Score 2 because they are easier to calculate, and thus can be used more extensively in the clinical practice.

Normative Data

Descriptive analyses for score 1 and score 2 are reported in **Table 1**. Single sample t -tests (test value = 0) confirmed that Score 1 was significantly lower than zero ($t_{(136)} = -10.64$, $p < 0.001$) and that Score 2 was significantly higher than zero ($t_{(136)} = 11.01$, $p < 0.001$). Skewedness for both Score 1 and Score 2 was lower than one, thus indicating a symmetrical data distribution. Kurtosis values were above one for both Score 1 and Score 2, thus indicating a distribution slightly more peaked compared to a standard Gaussian distribution. Finally, in order to crosscheck whether age, gender and laterality had an effect on the two scores, we submitted Score 1 and Score 2 to separate between-subject ANOVAs with age (19–39 years, 40–60 years and 61–81 years), gender (Male vs. Female) and laterality (right-handed vs. left-handed) as between-subject factors. Confirming the results of Study 1, results revealed no significant effect on Score 1 (corrected model: $F_{(10,136)} = 0.79$, $p = 0.636$; Age: $F_{(2,126)} = 0.82$, $p = 0.442$; Gender: $F_{(1,126)} = 0.61$, $p = 0.438$; Laterality: $F_{(1,126)} = 0.13$, $p = 0.718$) or Score 2 (corrected model: $F_{(10,136)} = 0.85$, $p = 0.580$; Age: $F_{(2,126)} = 0.46$, $p = 0.630$; Gender: $F_{(1,126)} = 0.40$, $p = 0.529$; Laterality: $F_{(1,126)} = 0.34$, $p = 0.561$). For this reason, we did not provide separate normative data for different age, gender and laterality groups. Normative data on the time warp are presented in **Table 2**.

As a rule of thumb, normative data for score 1 are usually below zero (in 85, 1% of the participants in our sample), and the normative data for score 2 are usually above 0 (in 86, 1%

of the participants in our sample). It should be noted that score 2 is dependent on the results of score 1. Specifically, if score 1 is above 0 (no emotional reactivity), score 2 (EIR ability) should not be interpreted, as there was no emotion to regulate. More in general, comparisons of scores 2 among different individuals are meaningful only when their scores 1 are similar.

Effect of Depressive Symptoms

In order to provide suggestions on the potential of the use of the Clock'N test in clinical populations, we performed an exploratory analysis to verify whether self-reported depressive symptoms (as indexed by the HDRS, 17-item version) had any effect on Score 1 and Score 2. ANOVA on score 1 with Depression (score 0–4, 5–9 and >9) as between-subject factor was not statistically significant ($F_{(2,130)} = 0.07$, $p = 0.933$), with the mean values for Score 1 being negative for the three Depression categories (score 1 ranging from -2.34 to -2.57). ANOVA on score 2 with Depression as between-subject factor was not statistically significant ($F_{(2,130)} = 1.73$, $p = 0.181$). However, the mean values for participants scoring higher than 9 in the HDRS ($N = 2$) were negative ($M = -1.18$), while they were positive, as expected, for participants scoring lower than 9 (group 0–4, $M = 3.07$, group 5–9, $M = 3.38$). The absence of statistical significance can be explained by the low number of participants in the high depressive symptoms group.

DISCUSSION

In the present study, we reported normative data for the Clock'N test (Gros et al., 2014, 2015), an instruments designed to assess implicitly emotional reactivity and IER abilities, and that has several potential application in the clinical practice. In the first study, we replicated the results of Gros et al. (2015) showing that, at the beginning of the task, participants underestimated sound durations, due to the attention devoted to the emotional aspects of the stimulus (Tse et al., 2004; Zakay, 2005).

In the terms of the internal clock theories, this effect of time underestimation can be interpreted as evidence that the attention devoted to the emotional videos closed the internal switch, thus potentially preventing the pulses to enter the counter. This result is consistent with the studies showing that stimuli capturing attentional resources result in a time underestimation (e.g., Angrilli et al., 1997; Droit-Volet et al., 2007; Noulhiane et al., 2007; Tipples, 2010; Liu et al., 2015). Specifically, it has already been shown that complex visual stimuli consistently capture attentional resources (Droit-Volet et al., 2010). This supports the interpretation that the videos employed in the Clock'N test captured attentional resources, especially at the beginning of the task. Around the 4th presented stimulus, participants showed a passage to time overestimation, which reflected the effect of IER abilities, allowing to progressively disengaging the attention from the emotional aspects of the stimuli, and thus resulting in the classical arousal-elicited time overestimation. The arousal-dependent time overestimation found at the end of

the task is consistent with a number of previous studies. For instance, taking medications with an exciting effect induces a time overestimation (Meck, 1983; Wearden and Penton-Voak, 1995; Droit-Volet and Wearden, 2002). Studies employing audio stimuli (Droit-Volet et al., 2010; Cocenas-Silva et al., 2011) showed that musical excerpts with high arousal produced a time overestimation. Similar results have been found for stimuli presented in the visual modality (Nather et al., 2011; Gil and Droit-Volet, 2012; Fayolle and Droit-Volet, 2014), which systematically revealed that emotional pictures, which produced an increase in arousal, were systematically judged as longer compared to neutral pictures. In the terms of the internal clock theory, the effect of IER allowed to progressively open the switch, thus allowing the higher number of pulses induced by the increased arousal to enter again into the counter. Thus, the results of study 1 confirmed that the Clock'N test can be employed to assess both emotional reactivity and IER. Furthermore, in study 1 we showed that gender, laterality and age did not significantly affect the results of the Clock'N test. Despite these results were collected on a big sample of participants ($N = 150$), future research should remain open to the possibility of effects of age and laterality. Indeed, in the present study we did not test participants older than 77 years, and we know from literature that both emotional reactivity and ER undergoes a number of changes across the lifespan (e.g., Gosselin et al., 2002; Kalisch, 2012; Frankel et al., 2015; Scheibe et al., 2015; Sims et al., 2015). Similarly, we tested only five ambidextrous participants, and there is some evidence that emotional processing and ER may vary depending on the participant's laterality (Christman, 2014; Rempala, 2014; Costanzo et al., 2015). Future studies should investigate whether including participants aged over 80 years and a more consistent number of ambidextrous participants can modify this pattern of results.

In study 2, we defined two separate scores to be used as proxies of individual emotional reactivity (Score 1) and IER (Score 2), and provided normative cutoffs for these two scores, based on the 10th and 90th score distribution percentiles. These cutoffs should allow clinicians to identify patients that have an emotional reactivity too low (Score 1 > 0.67) or too high (Score 1 < -6.04) compared to healthy participants, as well as to identify patients whose IER abilities are too low (Score 2 < -0.71) or too high (Score 2 > 6.95). Exploratory analysis confirmed that participants with reporting higher depressive symptoms, which are well known to affect IER abilities (Belden et al., 2015), had scores below the 10th percentile cutoff for Score 2, thus suggesting that these values may be useful to discriminate patients with specific impairments in IER. However, future studies including a bigger number of participants with high depressive symptoms are required to validate the provided cut-offs. As we described in the "Results" section, score 2 is dependent on the results of score 1. This means that, if score 1 is above 0 (no emotional reactivity), score 2 (IER ability) should not be interpreted, as there was no emotion to regulate. This means that score 2 may not be adapted to test IER in patients with problems of emotional reactivity, such as patients with Alzheimer's disease (AD; Lyketsos et al., 2002; Apostolova

and Cummings, 2008), PD (Tessitore et al., 2002) or patients affected by stroke leading lesions of the basal ganglia (Onoda et al., 2011) and of the temporal lobe (Okada et al., 1997). More in general, comparisons of scores 2 among different individuals are meaningful only when their scores 1 are similar. In the next section, we will describe the categories of patients for which Score 1 and Score 2 may be more interesting to employ.

Limitations and Future Research Directions

Despite our normative data were collected on a large and representative sample of participants, some limitation should be noted. First of all, we were unable to provide independent measures of test validity. For instance, we did not provide any measure for the test convergent validity (through correlation with existing tests supposed to measure the same abilities), nor for discriminant validity (through correlation with existing tests supposed to measure different abilities). This is due to the fact that, at present, there are no gold standards to assess experienced emotional reactivity and IER abilities. More evidence on the test validity needs to be collected to ascertain that the Clock'N test is indeed measuring emotional reactivity and IER abilities, as we suggest. This may be obtained by embedding the test in a battery of validated tasks assessing different aspects of emotional functioning. A second limitation is represented by the fact that we did not include patients with emotional deficits, and therefore we were unable to empirically verify the validity of the provided measures and of the cutoffs in discriminating these patients. We believe that it would be interesting to collect data on patients with diverse types of emotional deficits. For instance, it would be very interesting to test patients with brain lesions known to affect emotional reactivity (e.g., amygdala lesions) and IER (e.g., prefrontal lesions).

Concerning Score 1 (emotional reactivity), it would be interesting to test patients with brain tumors affecting the anterior cingulate cortex, who show deficits in the classical emotion recognition tasks (Baird et al., 2006). Using the Clock'N test in combination with emotion recognition tasks would allow to verify whether these two abilities are correlated, and to what extent losing the ability to recognize other's emotions relate to emotional reactivity. Patients with AD and PD would also represent interesting targets. It is well known that these patients are affected by apathy (Robert et al., 2006), and by a lack of reactivity to emotional stimuli (Lyketsos et al., 2002; Apostolova and Cummings, 2008). However, so far the deficits in emotional reactivity have been investigated only through self-reports (Bowers et al., 2006; Mograbi et al., 2012), which can lead to possible biases. Employing the Clock'N test in combination with the classical self-report measures would provide additional evidence for the hypothesis of an emotional reactivity deficit in patients with AD, and provide further evidence for the validity of the Clock'N test. Apathy and emotional blunting have also been reported in post stroke patients with basal ganglia (Onoda et al., 2011) and temporal lobe (Okada et al., 1997) lesions. The Clock'N test could allow verifying whether apathy in these patients is actually related with a lack of emotional

reactivity, as it is commonly assumed. Finally, another category of interesting patients is represented by generalized anxiety disorders and bipolar disorders, which are characterized by emotional hyperactivity (Houenou et al., 2011), and thus would allow to verify if the upper limits of Score 1 are valid.

In terms of implicit emotional regulation (Score 2), it would be interesting to employ the Clock'N test in patients with bipolar disorders, characterized by dysfunctions of the prefrontal networks involved in ER (Phillips et al., 2003), and in patients with anxiety disorders (Etkin et al., 2010). In addition to psychiatric pathologies, ER deficits were also found in patients who suffered from stroke (Cooper et al., 2015) or in patients with tumors in the cerebellum (Hoppyan et al., 2010).

Going beyond the classical self-report measures, we believe that the Clock'N test may provide clinicians with an additional, more objective measure to help detecting affective problems potentially underestimated, especially in those pathological populations for whom affective problems are not the key symptoms. Further validation and research will help to clarify the

usefulness of this test in the clinical practice, and its potentials in suggesting new treatment options for deficits in emotional reactivity and ER.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceived and designed the experiments: AG, MG, YB. Performed the experiments: AG, AD, OR, SG, MLM. Analyzed the data: VM. Wrote the paper: AG, VM, YB, MG, AD, SG, OR, MLM. All authors listed, have made substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

ACKNOWLEDGMENTS

Special thanks to Pr. Hugues Duffau, the “Resource and Research Memory Center” team, to the technicians and nurses of the Neurophysiology Department of Dijon and Association for Neurosciences of Burgundy.

REFERENCES

- Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A., and Manfredini, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Percept. Psychophys.* 59, 972–982. doi: 10.3758/bf03205512
- Apostolova, L. G., and Cummings, J. L. (2008). Neuropsychiatric manifestations in mild cognitive impairment: a systematic review of the literature. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* 25, 115–126. doi: 10.1159/000112509
- Baer, R. A., Smith, G. T., and Allen, K. B. (2004). Assessment of mindfulness by self-report: the kentucky inventory of mindfulness skills. *Assessment* 11, 191–206. doi: 10.1177/1073191104268029
- Baird, A., Dewar, B., Critchley, H., Dolan, R., Shallice, T., and Cipolotti, L. (2006). Social and emotional functions in three patients with medial frontal lobe damage including the anterior cingulate cortex. *Cogn. Neuropsychiatry* 11, 369–388. doi: 10.1080/1354680044000245
- Belden, A. C., Pagliaccio, D., Murphy, E. R., Luby, J. L., and Barch, D. M. (2015). Neural activation during cognitive emotion regulation in previously depressed compared to healthy children: evidence of specific alterations. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 54, 771–781. doi: 10.1016/j.jaac.2015.06.014
- Bensaï, M., Rouby, C., Farget, V., Bertrand, B., Vigouroux, M., and Holley, A. (2002). Autonomic nervous system responses to odours: the role of pleasantness and arousal. *Chem. Senses* 27, 703–709. doi: 10.1093/chemse/27.8.703
- Bowers, D., Miller, K., Mikos, A., Kirsch-Darrow, L., Springer, U., Fernandez, H., et al. (2006). Startling facts about emotion in Parkinson's disease: blunted reactivity to aversive stimuli. *Brain* 129, 3356–3365. doi: 10.1093/brain/awl301
- Bradley, M. M., and Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment Manikin and the semantic differential. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 25, 49–59. doi: 10.1016/0005-7916(94)90063-9
- Bschor, T., Ising, M., Bauer, M., Lewitzka, U., Skerstuveit, M., Müller-Oerlinghausen, B., et al. (2004). Time experience and time judgment in major depression, mania and healthy subjects. A controlled study of 93 subjects. *Acta Psychiatr. Scand.* 109, 222–229. doi: 10.1046/j.0001-690x.2003.00244.x
- Buck, R. (1980). Nonverbal behavior and the theory of emotion: the facial feedback hypothesis. *J. Pers. Soc. Psychol.* 38, 811–824. doi: 10.1037/0022-3514.38.5.811
- Buhusi, C. V., and Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nat. Rev. Neurosci.* 6, 755–765. doi: 10.1038/nrn1764
- Burle, B., and Casini, L. (2001). Dissociation between activation and attention effects in time estimation: implications for internal clock models. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 27, 195–205. doi: 10.1037/0096-1523.27.1.195
- Christie, I. C., and Friedman, B. H. (2004). Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach. *Int. J. Psychophysiol.* 51, 143–153. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2003.08.002
- Christman, S. (2014). Individual differences in personality as a function of degree of handedness: consistent-handers are less sensation seeking, more authoritarian and more sensitive to disgust. *Laterality* 19, 354–367. doi: 10.1080/1357650x.2013.838962
- Cocenas-Silva, R., Bueno, J. L. O., Molin, P., and Bigand, E. (2011). Multidimensional scaling of musical time estimations. *Percept. Mot. Skills* 112, 737–748. doi: 10.2466/11.24.pms.112.3.737-748
- Cooper, C. L., Phillips, L. H., Johnston, M., Whyte, M., and MacLeod, M. J. (2015). The role of emotion regulation on social participation following stroke. *Br. J. Clin. Psychol.* 54, 181–199. doi: 10.1111/bjc.12068
- Costanzo, E. Y., Villarreal, M., Drucaroff, L. J., Ortiz-Villafañe, M., Castro, M. N., Goldschmidt, M., et al. (2015). Hemispheric specialization in affective responses, cerebral dominance for language, and handedness. *Behav. Brain Res.* 288, 11–19. doi: 10.1016/j.bbr.2015.04.006
- Coull, J. T., Cheng, R.-K., and Meck, W. H. (2011). Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology* 36, 3–25. doi: 10.1038/npp.2010.113
- Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., and Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science* 303, 1506–1508. doi: 10.1126/science.1091573
- Dimberg, U. (1987). Facial reactions, autonomic activity and experienced emotion: a three component model of emotional conditioning. *Biol. Psychol.* 24, 105–122. doi: 10.1016/0301-0511(87)90018-4
- Droit-Volet, S., Bigand, E., Ramos, D., and Bueno, J. L. O. (2010). Time flies with music whatever its emotional valence. *Acta Psychol. (Amst)* 135, 226–232. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.07.003
- Droit-Volet, S., Meck, W. H., and Penney, T. B. (2007). Sensory modality and time perception in children and adults. *Behav. Processes* 74, 244–250. doi: 10.1016/j.beproc.2006.09.012
- Droit-Volet, S., and Wearden, J. (2002). Speeding up an internal clock in children? Effects of visual flicker on subjective duration. *Q. J. Exp. Psychol. B* 55, 193–211. doi: 10.1080/02724990143000252
- Ekman, P. (1992). Are there basic emotions? *Psychol. Rev.* 99, 550–553. doi: 10.1037/0033-295X.99.3.550
- Elliott, R., Friston, K. J., and Dolan, R. J. (2000). Dissociable neural responses in human reward systems. *J. Neurosci.* 20, 6159–6165.

- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D. M., Kandel, E. R., and Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: a role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron* 51, 871–882. doi: 10.1016/j.neuron.2006.12.003
- Etkin, A., Prater, K. E., Hoeft, F., Menon, V., and Schatzberg, A. F. (2010). Failure of anterior cingulate activation and connectivity with the amygdala during implicit regulation of emotional processing in generalized anxiety disorder. *Am. J. Psychiatry* 167, 545–554. doi: 10.1176/appi.ajp.2009.09070931
- Fayolle, S. L., and Droit-Volet, S. (2014). Time perception and dynamics of facial expressions of emotions. *PLoS One* 9:e97944. doi: 10.1371/journal.pone.0097944
- Frankel, L. A., Umemura, T., Jacobvitz, D., and Hazen, N. (2015). Marital conflict and parental responses to infant negative emotions: relations with toddler emotional regulation. *Infant Behav. Dev.* 40, 73–83. doi: 10.1016/j.infbeh.2015.03.004
- Gaudreau, P., Sanchez, X., and Blondin, J.-P. (2006). Positive and negative affective states in a performance-related setting: testing the factorial structure of the PANAS across two samples of french-canadian participants. *Eur. J. Psychol. Assess.* 22, 240–249. doi: 10.1027/1015-5759.22.4.240
- Gibbon, J., Baldock, M. D., Locurto, C., Gold, L., and Terrace, H. S. (1977). Trial and intertrial durations in autoshaping. *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process.* 3, 264–284. doi: 10.1037/0097-7403.3.3.264
- Gibbon, J., Church, R. M., and Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Ann. N Y Acad. Sci.* 423, 52–77. doi: 10.1111/j.1749-6632.1984.tb23417.x
- Gil, S., and Droit-Volet, S. (2011). “Time flies in the presence of angry faces”... depending on the temporal task used!. *Acta Psychol. (Amst)* 136, 354–362. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.12.010
- Gil, S., and Droit-Volet, S. (2012). Emotional time distortions: the fundamental role of arousal. *Cogn. Emot.* 26, 847–862. doi: 10.1080/02699931.2011.625401
- Gosselin, P., Beaupré, M., and Boissonneault, A. (2002). Perception of genuine and masking smiles in children and adults: sensitivity to traces of anger. *J. Genet. Psychol.* 163, 58–71. doi: 10.1080/00221320209597968
- Grommet, E. K., Droit-Volet, S., Gil, S., Hemmes, N. S., Baker, A. H., and Brown, B. L. (2011). Time estimation of fear cues in human observers. *Behav. Processes* 86, 88–93. doi: 10.1016/j.beproc.2010.10.003
- Gros, A., Giroud, M., Béjot, Y., Rouaud, O., Guillemin, S., Aboa Eboulé, C., et al. (2015). A time estimation task as a possible measure of emotions: difference depending on the nature of the stimulus used. *Front. Behav. Neurosci.* 9:143. doi: 10.3389/fnbeh.2015.00143
- Gros, A., Giroud, M., Rouaud, O., Béjot, Y., Valentin, D., Guillemin, S., et al. (2014). Évaluation du jugement temporel après l'introduction d'un stimulus émotionnel de nature olfactive: apport dans le diagnostic différentiel entre la maladie d'Alzheimer et les troubles de l'humeur. *Rev. Neuropsychologie* 6:66. doi: 10.3917/rne.062.0090
- Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: an integrative review. *Rev. Gen. Psychol.* 2, 271–299. doi: 10.1037/1089-2680.2.3.271
- Gross, J. J. (2013). Emotion regulation: taking stock and moving forward. *Emotion* 13, 359–365. doi: 10.1037/a0032135
- Gross, J. J., and John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships and well-being. *J. Pers. Soc. Psychol.* 85, 348–362. doi: 10.1037/0022-3514.85.2.348
- Gross, J. J., and Levenson, R. W. (1993). Emotional suppression: physiology, self-report and expressive behavior. *J. Pers. Soc. Psychol.* 64, 970–986. doi: 10.1037/0022-3514.64.6.970
- Gross, J. J., and Thompson, R. A. (2007). “Emotion regulation: conceptual foundations,” in *Handbook of Emotion Regulation*, ed. J. J. Gross (New York, NY: Guilford Press), 3–24.
- Gyurak, A., Gross, J. J., and Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: a dual-process framework. *Cogn. Emot.* 25, 400–412. doi: 10.1080/02699931.2010.544160
- Hamilton, M. (1980). Rating depressive patients. *J. Clin. Psychiatry* 41, 21–24.
- Hancock, P. A., and Weaver, J. L. (2005). On time distortion under stress. *Theor. Issues Ergon. Sci.* 6, 193–211. doi: 10.1080/14639220512331325747
- Henry, M. J., Herrmann, B., and Obleser, J. (2015). Selective attention to temporal features on nested time scales. *Cereb. Cortex* 25, 450–459. doi: 10.1093/cercor/bht240
- Hermans, D., De Houwer, J., and Eelen, P. (2001). A time course analysis of the affective priming effect. *Cogn. Emot.* 15, 143–165. doi: 10.1080/02699930125768
- Hopyan, T., Laughlin, S., and Dennis, M. (2010). Emotions and their cognitive control in children with cerebellar tumors. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 16, 1027–1038. doi: 10.1017/s1355617710000974
- Houenou, J., Frommberger, J., Carde, S., Glasbrenner, M., Diener, C., Leboyer, M., et al. (2011). Neuroimaging-based markers of bipolar disorder: evidence from two meta-analyses. *J. Affect. Disord.* 132, 344–355. doi: 10.1016/j.jad.2011.03.016
- Kalisch, K. (2012). [Mentalisation and affect regulation—how the infantile self develops]. *Prax. Kinderpsychol. Kinderpsychiatr.* 61, 336–347. doi: 10.13109/prkk.2012.61.5.336
- Kashdan, T. B., Goodman, F. R., Mallard, T. T., and DeWall, C. N. (2015). What triggers anger in everyday life? Links to the intensity, control, and regulation of these emotions, and personality traits. *J. Pers.* doi: 10.1111/jopy.12214 [Epub ahead of print].
- Khor, A. S., Melvin, G. A., Reid, S. C., and Gray, K. M. (2014). Coping, daily hassles and behavior and emotional problems in adolescents with high-functioning autism/Asperger's disorder. *J. Autism Dev. Disord.* 44, 593–608. doi: 10.1007/s10803-013-1912-x
- Kleinginna, P. R., and Kleinginna, A. M. (1981). A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. *Mot. Emot.* 5, 345–379. doi: 10.1007/bf00992553
- Koole, S. L. (2009). The psychology of emotion regulation: an integrative review. *Cogn. Emot.* 23, 4–41. doi: 10.1080/02699930802619031
- Langer, J., Wapner, S., and Werner, H. (1961). The effect of danger upon the experience of time. *Am. J. Psychol.* 74, 94–97. doi: 10.2307/1419830
- Lejeune, H. (1998). Switching or gating? The attentional challenge in cognitive models of psychological time. *Behav. Processes* 44, 127–145. doi: 10.1016/s0376-6357(98)00045-x
- Levenson, R. W., Ekman, P., and Friesen, W. V. (1990). Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity. *Psychophysiology* 27, 363–384. doi: 10.1111/j.1469-8986.1990.tb02330.x
- Lévesque, J., Eugène, F., Joannette, Y., Paquette, V., Mensour, B., Beaudoin, G., et al. (2003). Neural circuitry underlying voluntary suppression of sadness. *Biol. Psychiatry* 53, 502–510. doi: 10.1016/s0006-3223(02)01817-6
- Liu, P., Yang, W., Yuan, X., Bi, C., Chen, A., and Huang, X. (2015). Individual alerting efficiency modulates time perception. *Front. Psychol.* 6:386. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00386
- Lyketsos, C. G., Lopez, O., Jones, B., Fitzpatrick, A. L., Breitner, J., and DeKosky, S. (2002). Prevalence of neuropsychiatric symptoms in dementia and mild cognitive impairment: results from the cardiovascular health study. *JAMA* 288, 1475–1483. doi: 10.1001/jama.288.12.1475
- Macar, F., Grondin, S., and Casini, L. (1994). Controlled attention sharing influences time estimation. *Mem. Cognit.* 22, 673–686. doi: 10.3758/bf03209252
- Manera, V., Samson, A. C., Pehrs, C., Lee, I. A., and Gross, J. J. (2014). The eyes have it: the role of attention in cognitive reappraisal of social stimuli. *Emotion* 14, 833–839. doi: 10.1037/a0037350
- McManis, M. H., Bradley, M. M., Berg, W. K., Cuthbert, B. N., and Lang, P. J. (2001). Emotional reactions in children: verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. *Psychophysiology* 38, 222–231. doi: 10.1111/1469-8986.3820222
- Meck, W. H. (1983). Selective adjustment of the speed of internal clock and memory processes. *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process.* 9, 171–201. doi: 10.1037/0097-7403.9.2.171
- Mehrabian, A. (1996). Pleasure-arousal-dominance: a general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Curr. Psychol.* 14, 261–292. doi: 10.1007/bf02686918
- Millgram, Y., Joormann, J., Huppert, J. D., and Tamir, M. (2015). Sad as a matter of choice? Emotion regulation goals in depression. *Psychol. Sci.* 26, 1216–1228. doi: 10.1177/0956797615583295
- Mograb, D. C., Brown, R. G., and Morris, R. G. (2012). Emotional reactivity to film material in Alzheimer's disease. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* 34, 351–359. doi: 10.1159/000343930
- Nather, F. C., Bueno, J. L. O., Bigand, E., and Droit-Volet, S. (2011). Time changes with the embodiment of another's body posture. *PLoS One* 6:e19818. doi: 10.1371/journal.pone.0019818
- Niedenthal, P. M., and Dalle, N. (2001). Le mariage de mon meilleur ami: emotional response categorization and naturally induced emotions. *Eur. J. Soc. Psychol.* 31, 737–742. doi: 10.1002/ejsp.66

- Noulhiane, M., Mella, N., Samson, S., Ragot, R., and Pouthas, V. (2007). How emotional auditory stimuli modulate time perception. *Emotion* 7, 697–704. doi: 10.1037/1528-3542.7.4.697
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J., and Gabrieli, J. D. E. (2002). Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *J. Cogn. Neurosci.* 14, 1215–1229. doi: 10.1162/089892902760807212
- Okada, K., Kobayashi, S., Yamagata, S., Takahashi, K., and Yamaguchi, S. (1997). Poststroke apathy and regional cerebral blood flow. *Stroke* 28, 2437–2441. doi: 10.1161/01.str.28.12.2437
- Onoda, K., Kuroda, Y., Yamamoto, Y., Abe, S., Oguro, H., Nagai, A., et al. (2011). Post-Stroke apathy and hypoperfusion in basal ganglia: SPECT study. *Cerebrovasc. Dis.* 31, 6–11. doi: 10.1159/000319771
- Ouss, L., Carton, S., Jouvent, R., and Widlöcher, D. (1990). [French translation and validation of Izard's differential emotion scale. Study of the verbal qualification of emotions]. *Encephale* 16, 453–458.
- Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., and Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception II: implications for major psychiatric disorders. *Biol. Psychiatry* 54, 515–528. doi: 10.1016/s0006-3223(03)00171-9
- Rempala, D. M. (2014). Behavioural laterality as a factor in emotional regulation. *Laterality* 19, 256–277. doi: 10.1080/1357650x.2013.794146
- Robert, P. H., Berr, C., Volteau, M., Bertogliati, C., Benoit, M., Sarazin, M., et al. (2006). Apathy in patients with mild cognitive impairment and the risk of developing dementia of Alzheimer's disease. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 108, 733–736. doi: 10.1016/j.clineuro.2006.02.003
- Russell, J. A. (1994). Is there universal recognition of emotion from facial expression? A review of the cross-cultural studies. *Psychol. Bull.* 115, 102–141. doi: 10.1037/0033-2909.115.1.102
- Schaefer, A., Nils, F., Sanchez, X., and Philippot, P. (2010). Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: a new tool for emotion researchers. *Cogn. Emot.* 24, 1153–1172. doi: 10.1080/02699930903274322
- Scheibe, S., Sheppes, G., and Staudinger, U. M. (2015). Distract or reappraise? Age-related differences in emotion-regulation choice. *Emotion* 15, 677–681. doi: 10.1037/a0039246
- Shi, Z., Church, R. M., and Meck, W. H. (2013). Bayesian optimization of time perception. *Trends Cogn. Sci.* 17, 556–564. doi: 10.1016/j.tics.2013.09.009
- Sims, T., Hogan, C. L., and Carstensen, L. L. (2015). Selectivity as an emotion regulation strategy: lessons from older adults. *Curr. Opin. Psychol.* 3, 80–84. doi: 10.1016/j.copsyc.2015.02.012
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychol.* 18, 643–662. doi: 10.1037/h0054651
- Tessitore, A., Hariri, A. R., Fera, F., Smith, W. G., Chase, T. N., Hyde, T. M., et al. (2002). Dopamine modulates the response of the human amygdala: a study in Parkinson's disease. *J. Neurosci.* 22, 9099–9103.
- Thayer, S., and Schiff, W. (1975). Eye-contact, facial expression and the experience of time. *J. Soc. Psychol.* 95, 117–124. doi: 10.1080/00224545.1975.9923242
- Tipples, J. (2010). Time flies when we read taboo words. *Psychon. Bull. Rev.* 17, 563–568. doi: 10.3758/pbr.17.4.563
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval. *Psychol. Monogr.* 77, 1–31. doi: 10.1037/h0093864
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., and Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Percept. Psychophys.* 66, 1171–1189. doi: 10.3758/bf03196844
- Ulrich, R., Nitschke, J., and Rammsayer, T. (2006). Perceived duration of expected and unexpected stimuli. *Psychol. Res.* 70, 77–87. doi: 10.1007/s00426-004-0195-4
- Watson, D., Clark, L. A., and Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *J. Pers. Soc. Psychol.* 54, 1063–1070. doi: 10.1037/0022-3514.54.6.1063
- Watts, F. N., and Sharrock, R. (1984). Fear and time estimation. *Percept. Mot. Skills* 59, 597–598. doi: 10.2466/pms.1984.59.2.597
- Wearden, J. H., and Penton-Voak, I. S. (1995). Feeling the heat: body temperature and the rate of subjective time, revisited. *Q. J. Exp. Psychol. B* 48, 129–141.
- Weiss, J. A., Thomson, K., and Chan, L. (2014). A systematic literature review of emotion regulation measurement in individuals with autism spectrum disorder: emotion regulation measurement in individuals with ASD. *Autism Res.* 7, 629–648. doi: 10.1002/aur.1426
- Wittmann, M., van Wassenhove, V., Craig, A. D., and Paulus, M. P. (2010). The neural substrates of subjective time dilation. *Front. Hum. Neurosci.* 4:2. doi: 10.3389/neuro.09.002.2010
- Zakay, D. (1989). Chapter 10 subjective time and attentional resource allocation: an integrated model of time estimation. *Adv. Psychol.* 59, 365–397. doi: 10.1016/s0166-4115(08)61047-x
- Zakay, D. (2005). Attention et jugement temporel. *Psychol. Française* 50, 65–79. doi: 10.1016/j.psfr.2004.10.004
- Zakay, D., and Block, R. A. (1996). The role of attention in time estimation processes. *Adv. Psychol.* 115, 143–164. doi: 10.1016/s0166-4115(96)80057-4
- Zélandi, P. S., and Droit-Volet, S. (2012). Auditory and visual differences in time perception? An investigation from a developmental perspective with neuropsychological tests. *J. Exp. Child Psychol.* 112, 296–311. doi: 10.1016/j.jecp.2012.01.003

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2016 Gros, Manera, Daumas, Guillemin, Rouaud, Lemesle Martin, Giroud and Béjot. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution and reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Rel@x: Sensory and Virtual Immersion to Reduce the Anxiety of Patients Consulting for the First Time in Nice Memory Center.



Aurlane Gros , Emmanuelle Chapouille , Remy Ramadour , Vincent Robert , Julie de Stoultz , Stephane Guetin , Yvan Regeard ,
 Chaima Damoun , Emeline Wyckaert , Valeria Manera , Philippe Robert , and Renaud David ,
 CoBTeK lab  Uilo  Music Care  Exhalia  Exhalia  Exhalia

  Cognition Behaviour Technology

Affective disorders are frequently encountered among elderly populations, and the use of information and communication technologies (ICT) could provide an added value for their recognition and assessment in addition to current clinical methods (Gros et al., 2016).

Rel@x project aims at reducing the level of anxiety and to improve positive emotions in patients coming for the first time in consultation at Memory Center.

Material and Methods

SAMPLE: 24 MCI subjects and 28 healthy controls (HC).
METHODS: Patients were immersed in a realistic universe then in a fantasy world on an island, and during this immersion we measured their emotional reactivity and regulation with mobile EEG and skin conductance devices. Before and after the immersion participants completed questionnaires on perceived emotions (PANAS)(Watson et al., 1988) and emotion regulation ability (ERQ)(Gross, 2014).



	BEFORE IMMERSION MEAN ± S.D.	AFTER IMMERSION MEAN ± S.D.	P
NEGATIVE AFFECTS	13.58[6.66]	10.48[4.04]	<0.001
ANXIOUS	2.13[1.21]	1.48[0.92]	0.001
NERVOUS	2.35[1.28]	1.58[1]	<0.001
FEARFUL	1.60[1.14]	1.35[0.86]	0.044
SKIN CONDUCTANCE	2.10[2.16]	1.57[1.55]	<0.001



Results

MCI participants (n=24; age= 67.88 years); HC participants (n=28; age=70.70 years). MCI participants and healthy controls showed a reduction of level of anxiety measured by skin conductance (p<0.001) and negative perceived emotions (p<0.001). No difference was found in reduction of level of anxiety (skin conductance: p=0.551) and emotion regulation ability score (p=0.905; p= 0.55) between MCI and healthy controls.

	HC(N = 28) MEAN ± S.D.	MCI (N = 24) MEAN ± S.D.	P
SKIN CONDUCTANCE			
BEFORE IMMERSION	1.83[1.19]	2.42[2.92]	0.833
AFTER IMMERSION	1.33[1.09]	1.84[1.94]	0.551
ERQ			
REAPPRAISAL	30.57[14.63]	31.25[12.86]	0.417
SUPPRESSION	27.64[9.55]	29.38[10.65]	0.393

Conclusion

This study showed that an immersive experience combining virtual reality, music and odors is able to reduce anxiety level in patients consulting for the first time in a memory center, possibly improving their cognitive performance in cognitive tests.

-Gros, A., Bensamoun, D., Manera, V., Fabre, R., Zaccoun-Cauvin, A.-M., Thurnmier, S., Benoit, M., Robert, P., and David, R. (2016) Recommendations for the Use of ICT in Elderly Populations with Affective Disorders. *Frontiers in Aging Neuroscience* 8.
 -Watson, D., Clark, L.A., and Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *J Pers Soc Psychol* 54, 1063–1070.
 -Gross, J. (2014). *Handbook of emotion regulation* (New York, NY: Guilford Press).

July, 2017 – Mail to gros.a2@chu-nice.fr

Annexe 5 :

Ontologie permettant de conceptualiser et modaliser les évènements d'intérêts.

Goal:

Immobile

Walking

Walking in circles

Stepping forward/backwards

with aim

aimlessly

Posture:

Sitting

Standing

Lying down

Activity :

Eating

To take a nap / Napping

State :

Inactive

with interaction

without interaction

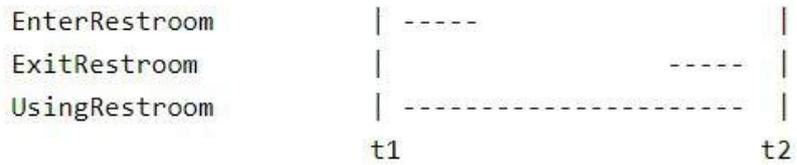
Active

Engaged in an activity

Aimlessly

Annexe 6 :

Programmation du langage ontologique dans le cadre des réveils nocturnes pour aller aux toilettes.



programming :

```
CompositeEvent(UsingRestroom,
  PhysicalObjects((p1 : Person), (z1 : Zone), (z2: Zone))
  Components((c1 : CompositeEvent EnterRestroom(p1, z1, z2))
    (c2 : CompositeEvent ExitRestroom(p1,z1,z2)))
  Constraints((c1 before c2))
  Alarm ((Level : URGENT))
  Miscellaneous((MergeStartEnd, (Start EnterRestroom) (Threshold 600)))
)
```

Annexe 7:

Programmation du langage ontologique pour les événements « aller-retour », « revenir sur ses pas », et « avec locomotion-sans geste ».

```
CompositeEvent(ALLER,  
  PhysicalObjects((p1 : Person))  
  Components((c1: CompositeState MOVE_With_Displacement(p1))  
    (c2: PrimitiveState MOVE_Without_Displacement(p1)))  
  Constraints((c1 meet c2))  
  Alarm ((Level : URGENT))  
)
```

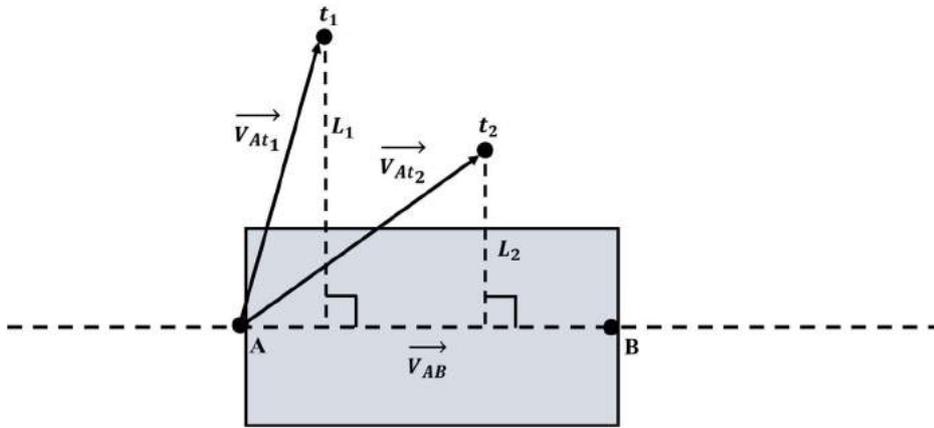
```
CompositeEvent(RETOUR,  
  PhysicalObjects((p1 : Person))  
  Components((c1: CompositeEvent ALLER(p1))  
    (c2: CompositeState MOVE_With_Displacement(p1)))  
  Constraints((c1 meet c2)  
    (duration(c2) > 0.5))  
  Alarm ((Level : URGENT))  
)
```

```
CompositeEvent(RETRACE,  
  PhysicalObjects((p1 : Person))  
  Components((c1: CompositeEvent ALLER(p1))  
    (c2: CompositeEvent RETOUR(p1)))  
  Constraints((c1 before c2)  
    (duration(c2) > 2.6))  
  Alarm ((Level : URGENT))  
)
```

```
CompositeState(With_locomotion_Without_gesture,  
  PhysicalObjects((p1 : Person))  
  Components((c1 : PrimitiveState POSTURE_Standing(p1)))  
  Constraints((displacement(p1->Position) > 31.69)  
    (duration(c1) > 0.1))  
  Alarm ((Level : URGENT))  
)
```

Annexe 8:

Détails et illustration de la méthode B.



1)

$$P_{AB}^{\vec{v}} = \left(\frac{V_{At_1}^{\vec{v}} \cdot V_{AB}^{\vec{v}}}{\|V_{AB}^{\vec{v}}\|^2} \right) V_{AB}^{\vec{v}}$$

$$L_i = \|V_{At_1}^{\vec{v}} - P_{AB}^{\vec{v}}\|$$

2)

$$x_j = \sum_{i_1}^{i_1 + \frac{N}{k}} L_{i_1}, \quad i_1 \in \left\{1, \frac{N}{k}, \frac{2N}{k}, \dots, \left(N - \frac{N}{k}\right)\right\}$$

$$f(x_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{x_{j+1}}{x_j} \geq 1 - \theta \\ -1 & \text{if } \frac{x_{j+1}}{x_j} < 1 - \theta \end{cases}$$

$$g(x_j) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(x_j)$$

3)

$$H(x) = \text{sign}(g(x))$$

HOUSING - BUILDING - DAILY LIVING
SafEE: Safe & Easy Environment

A. GROS, R. DAVID, P-C. CHUNG, L. CHICHEPORTICHE, L. MOY, J. DE STOUTZ, S. GUETIN, F. BREMOND, P. ROBERT. **First results from the SafEE project: Safe & Easy Environment for Alzheimer's disease and related disorders.** *Gerontechnology* 2016;15(suppl):80s; doi:10.4017/gt.2016.15.s.789.00 **Purpose** The SafEE (Safe Easy Environment) project¹ is financed by ANR (National Research Agency) and CNSA (National Solidarity Fund for Autonomy). The aim is to improve the safety, autonomy and quality of life of older people at risk or suffering from AD (Alzheimer Disease) and related disorders with ICT solutions. More specifically, in the SafEE project we have developed: (i) An ICT-based behavior analysis platform able to detect, recognize and assess daytime (such as agitation) and nighttime (such as sleep disturbances) behavioral patterns (BEHAVIOR), walking/balancing capabilities (MOTRICITY), orientation and procedural memory (COGNITION); (ii) Tailored non pharmacological therapeutic solutions for (a) sleep and related behavioral disturbances, using stimulations with aromatherapy and music therapy, and (b) cognition, using a training interface based on Kinect sensors and tactile tablets; (iii) two pilot studies (at home and in nursing home) in order to validate the acceptability, sensitivity and efficacy of the systems. **Method** French partners of the projects include clinicians (CHU, CoBTeK), research engineers (INRIA) and industrialists (Aromatherapeutics, SolarGames, Music Care). Similarly, Taiwan partners include clinicians (TVGH, NCKUH) and research engineers (SMILE NCKU). In the first pilot study (SafEE at home) two groups of patients with frailty syndrome living at home have been included. Patients in the first group (mean age: 79 years; all female) had only the ICT-based behavior analysis platform, while patients in the second group (mean age: 89 years; all female) had the ICT-based behavior analysis platform and the non-pharmacological therapeutic responses. In the second pilot study (SafEE in nursing home) patients with Alzheimer's disease living in nursing homes have been included (mean age: 84 years; all female). All participants of this second pilot studies had ICT-based behavior analysis and non-pharmacological therapeutic solutions. Recorded data were processed by the ICT-based behavior analysis platform, and then analysed. Evaluations during different phases of the two pilot studies have been conducted with video sensors and clinical evaluations to test the acceptability, sensitivity and efficacy of the SafEE solutions. **Results & Discussion** So far, we have analyzed the results of the first two patients, one patient at home with frailty syndrome and one patient in nursing home with Alzheimer's disease. Both patients had ICT-based behavior analysis and non-pharmacological therapeutic solutions. Preliminary results show that it is possible to use an ICT-based behavior analysis platform with video sensors at home or in nursing home for patients with Alzheimer's disease or with frailty syndrome. They also show the acceptability of this platform for patients at home and in nursing homes. On the over hand, analyses of the first results seem to show an efficacy of non-pharmacological interventions on the cognitive evaluations in patients at home, but not in nursing home.

References

1. <http://safee.cmrr-nice.fr/>; retrieved January 2015

Keywords: activity recognition, non-pharmacological interventions, Alzheimer's disease

Address: Institut Claude Pompidou, Nice, France;
E: gros.a2@chu-nice.fr

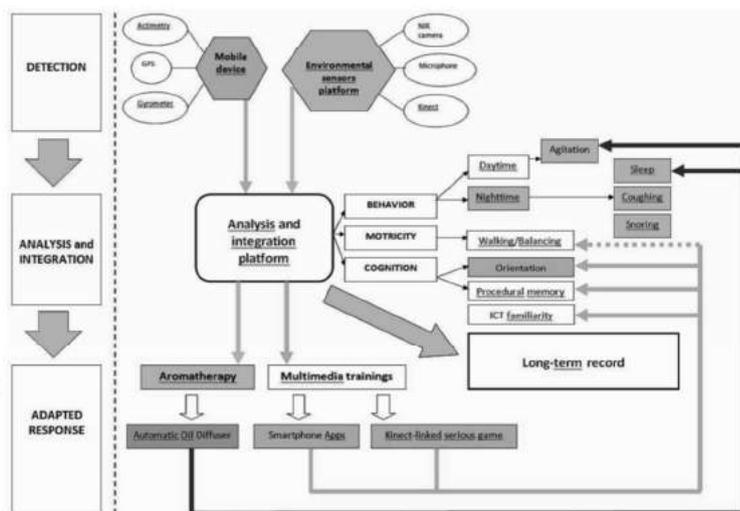


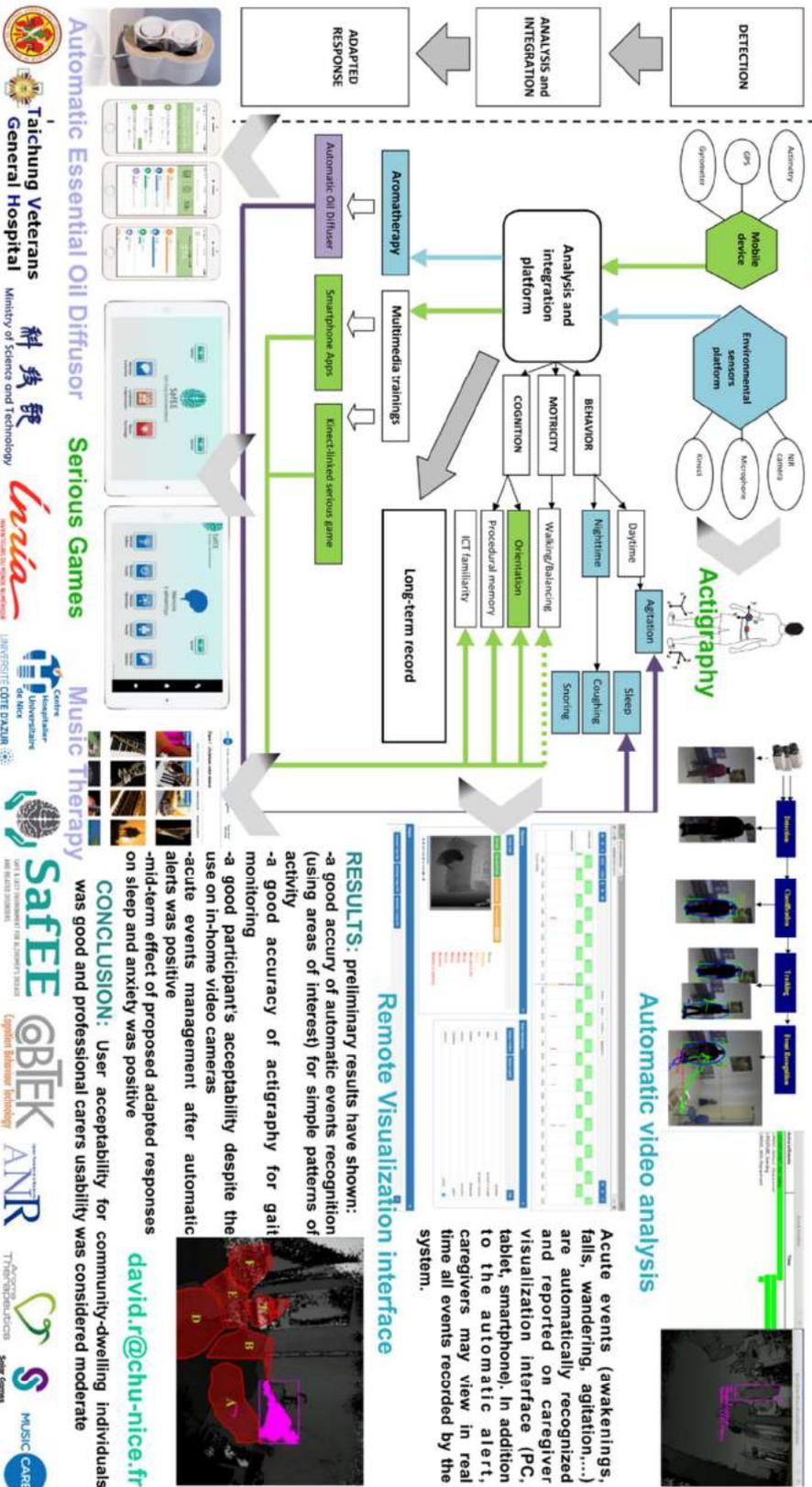
Figure 1. A global description of the SafEE project

Combining ICT-Based Assessment and Non-pharmacologic Stimulation Approaches for the Management of Frail or Cognitively Impaired Elderly Individuals at Home

R. David, F. Bremond, P.H. Robert, J.F. Herbert, R. Le Cozannet, P.C. Chung, M. Katsogiannou, L. Chicheportiche, S. Guétin, O. Guérin, A. Gros
 Memory Clinic, Nice University Hospital, Nice France, Solar Games, Nice, France, Aroma Therapeutics, Meyreuil, France, Smart Media in Intelligent Living Excellence, NCKU, Tainan, Taiwan, Music Care, Paris, France, Department of Gerontology, Nice University Hospital, Nice, France

AIM: the SAFE (Safe and Easy Environment) project aim is to improve the safety, autonomy and quality of life of frail elderly community-dwelling individuals by developing 1/ an ICT-based behavior analysis platform able to detect, recognize and assess daytime (such as agitation) and nighttime (such as sleep disturbances), behavioral patterns (BEHAVIOR), walking/balancing capabilities (MOTRICITY), orientation and procedural memory (COGNITION), 2/ tailored non pharmacological therapeutic responses: for anxiety and sleep disorders using stimulation aromatherapy automatic fragrance release system tailored to the clinical patterns detected within the assessment phase

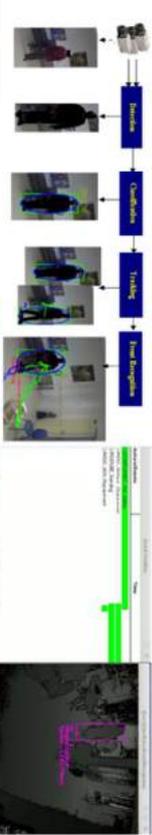
MATERIAL AND METHODS: **SAMPLE:** n=20 community-dwelling individuals with frailty syndrome (age>60, MMSE >26, CDR <0.5), sensors were installed in subject's home during 6 months



Remote Visualization interface



Automatic video analysis



Acute events (awakenings, falls, wandering, agitation,...) are automatically recognized and reported on caregiver visualization interface (PC, tablet, smartphone). In addition to the automatic alert, caregivers may view in real time all events recorded by the system.

RESULTS: preliminary results have shown:
 -a good accuracy of automatic events recognition (using areas of interest) for simple patterns of activity
 -a good accuracy of actigraphy for gait monitoring
 -a good participant's acceptability despite the use on in-home video cameras
 -acute events management after automatic alerts was positive
 -mid-term effect of proposed adapted responses on sleep and anxiety was positive



CONCLUSION: User acceptability for community-dwelling individuals was good and professional carers usability was considered moderate

- Tachung Veterans General Hospital
Ministry of Science and Technology
- Serious Games
- Music Therapy
- SAFE
- GBEK
- ANR
- MUSIC CARE