

Université de Montréal

**L'influence d'Internet, des téléphones intelligents et des
GPS sur le système de mémoire hippocampique**

par Carol-Anne Blanchette Bisson

Département de psychologie
Facultés des arts et des sciences

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du grade de maîtrise ès sciences (M.Sc.)
en psychologie

Décembre, 2018

© Carol-Anne Blanchette Bisson, 2018

Résumé

Lorsque les individus se déplacent dans l'environnement, ils adoptent préférentiellement différentes stratégies qui dépendent de parties distinctes du cerveau: l'hippocampe ou le noyau caudé. Les recherches indiquent que la matière grise au niveau du noyau caudé montre une relation inverse avec celle de l'hippocampe. Plusieurs études ont également suggéré qu'une surutilisation de technologies telles que les jeux vidéo, l'Internet et les téléphones intelligents pourrait avoir un impact négatif sur l'hippocampe. Nous avons supposé qu'une dépendance accrue à l'égard de ces technologies, qui pourrait affecter l'hippocampe – entraînant une diminution de son utilisation –, pourrait conduire à une surutilisation du noyau caudé. À cet égard, nous avons posé l'hypothèse que les individus qui utiliseraient plus souvent ces formes de technologie allaient avoir tendance à utiliser davantage une stratégie de navigation dépendante du noyau caudé. Pour trouver réponse à notre hypothèse, nous avons mesuré le niveau d'utilisation d'Internet, des GPS et des téléphones intelligents de 38 participants. Ensuite, les participants ont été testés à l'aide du labyrinthe virtuel 4 sur 8, lequel permet de déterminer la stratégie de navigation adoptée par un individu. Pour s'assurer que le sommeil et l'éducation n'ont pas influencé les résultats, le test d'intelligence non verbale, TONI4, ainsi que l'index de qualité du sommeil de Pittsburgh ont été également passés. Par conséquent, nous avons constaté que les grands utilisateurs de technologie ne sont pas plus susceptibles que les faibles utilisateurs d'utiliser une stratégie de navigation de type réponse. Dans ces conditions, il apparaît que la technologie ne semble pas avoir d'effet sur les stratégies de navigation et par la même occasion, sur les structures s'y rattachant. La diminution de matière grise au niveau de l'hippocampe augmente les risques de développer des troubles neurodégénératifs et la technologie joue maintenant quant à elle un rôle important dans nos sociétés. Comprendre quels comportements tendent à affecter l'intégrité de ce système pourrait mener à l'élaboration de meilleures mesures préventives pour les générations futures, justifiant des études comme celle-ci.

Mots-clés : technologies, labyrinthe virtuel, mémoire spatiale, noyau caudé, hippocampe

Abstract

When people navigate in an environment, they adopt preferentially different navigational strategies that depend on distinct parts of the brain : the hippocampus or the caudate nucleus. Research has shown that the grey matter in the caudate nucleus shares an inverse relationship with the grey matter in the hippocampus. Several studies have also suggested that the overuse of technology like video games, the Internet, smartphones, can have negative impacts on the hippocampus. We assumed that an increased dependence on these technologies, possibly affecting the hippocampus - causing a decrease in its use -, may lead to an overuse of the caudate nucleus. In that respect, we hypothesize that people who utilize these forms of technology more often, will tend to utilize more caudate nucleus-dependent navigational strategy. To answer this question, we measured 38 participant's level of the Internet, GPS and smartphone usage. Then, participants were tested using the 4 on 8 virtual maze, which determines the navigational strategy a person adopts. To ensure that sleep and education did not influence the results, the test of non-verbal intelligence, TONI-4, as well as the Pittsburgh sleep quality index were also passed. Consequently, we found that heavy users of technology are not significantly more likely than light users to deploy a response navigational strategy. Under these conditions, it appears that technology has no effect on navigational strategies and therefore, possibly on related structures. Lower grey matter within the hippocampus increases the risks of developing neurodegenerative disorders and technology now plays a very important role in our societies. Understanding what behaviours tend to affect the integrity of this system could lead to the development of better preventive measures for future generations, justifying studies like this one.

Keywords : technologies, virtual maze, spatial memory, caudate nucleus, hippocampus

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Liste des sigles.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
Remerciements.....	ix
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Contexte théorique.....	3
Les stratégies de navigation.....	3
Présentation des variables.....	5
Internet.....	6
Téléphone intelligent.....	8
Géo-positionnement par satellite (GPS).....	10
Les objectifs et hypothèses de recherche.....	11
Les variables contrôles.....	12
Qualité subjective du sommeil.....	12
Quotient intellectuel non verbal.....	13
Chapitre 2 : Méthodologie.....	14
Participants.....	14
Procédure.....	14
Questionnaires et tests.....	15
Tâche comportementale : labyrinthe virtuel 4 sur 8.....	18
Chapitre 3 : Analyse des résultats.....	21
Discussion.....	25

Internet	26
Téléphones intelligents	27
GPS	28
Limitations	29
Conclusion	31
Bibliographie.....	i
Annexes.....	i
Annexe I : Formulaire de consentement	ii
Annexe II : Questionnaires	iv
Annexe III : Rapport Verbal	xii

Liste des tableaux

Tableau I.	Catégorisation des participants en fonction de la stratégie de navigation spontanément employée, âge et scores moyens des variables contrôles selon les groupes (IAT).....	22
------------	--	----

Liste des figures

Figure 1.	Proportion des individus utilisant Internet selon l'âge, en 2017.....	1
Figure 2.	Première (A) et deuxième (B) partie d'un essai au labyrinthe virtuel 4 sur 8.....	19

Liste des sigles

GPS : Géo-positionnement par satellite

IADQ : Internet addiction diagnostic questionnaire

IAT : Internet addiction test

IQSP : Index de qualité du sommeil de Pittsburgh

TONI-4 : Test of nonverbal intelligence fourth edition

UIT : Union internationale des télécommunications

Liste des abréviations

c.-à-d. : c'est-à-dire

ex. : Exemple

Etc. : Et cætera

Remerciements

Je tiens à remercier mon directeur de recherche Gregory L. West, pour toute l'expertise qu'il m'a apportée, bien sûr, mais également et avant tout pour avoir cru en moi. La confiance qu'il m'a accordée dès le début m'a permis de me surpasser et d'aller au bout de mes idées. Sous sa direction, j'ai appris plus que je n'aurais pu l'espérer. Merci Greg pour toutes les belles opportunités que tu m'as offertes ! Je voudrais également remercier Samuel Gagnon dont l'aide m'a été précieuse tout au long du processus de recherche. Son efficacité et son optimisme sans faille ont très certainement facilité les longues heures passées au laboratoire.

Je prends le temps de remercier ma mère pour sa franchise constante et son support inconditionnel. Les innombrables fois où elle m'a amené à me remettre en question m'ont permis de devenir une meilleure version de moi-même.

Merci à tous les gens que j'ai croisés de près ou de loin et qui ont fait de ma maîtrise ce qu'elle a été : pour le meilleur... et pour le pire ! Finalement, merci à tous ces gens que je ne vais pas nommer, mais à qui je tiens énormément et qui ont été présents pour moi. Je vous aime!

Introduction

La technologie, à travers ses diverses formes, occupe une place importante dans notre société : elle est maintenant pour ainsi dire partout. Pour ma part, il me serait aujourd’hui bien difficile de me « déconnecter » et, si je me fie aux chiffres, j’imagine aisément qu’il en va de même pour la majorité d’entre vous. D’après les données de l’Union internationale des télécommunications (UIT) concernant les technologies de l’information et des communications, on comptait en 2017 pas moins de 31 693 000 abonnements à un téléphone mobile, ce qui représentait 86,5% de la population du Canada (2018). Toujours selon l’UIT (2018), 92,7% des individus au Canada utilisaient Internet en 2017. Les estimés pour l’ensemble de la population mondiale de l’UIT (Union Internationale des télécommunications, 2018) prédisent que ces statistiques continueront à augmenter, ou pour le moins, à se maintenir au cours des années à venir.

À la vue de ces chiffres, il n’est pas surprenant que plusieurs soulèvent un questionnement quant à l’impact potentiel que l’essor de ces technologies pourrait avoir sur la santé. Mondialement, il est estimé que 70,6 % des jeunes âgés entre 15 et 24 ans sont connectés à Internet, comparativement à 48,0% si l’on prend la population, tous âges confondus (Union Internationale des télécommunications, 2017). Il est donc question d’un phénomène relativement récent qui affecte principalement les nouvelles générations et qui est répandu mondialement.

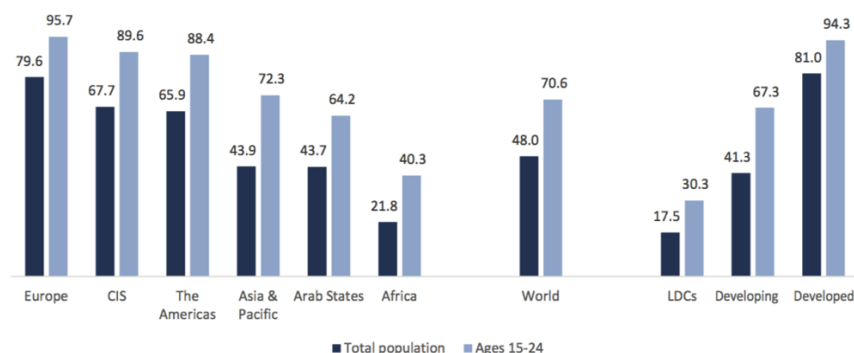


Figure 1. Proportion des individus utilisant Internet selon l’âge, en 2017. En provenance « ICT facts and figures 2017 » par l’Union internationale des télécommunications, 2017 (<https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx>). Utilisée avec permission.

Non seulement ce phénomène est actuel, mais les chiffres exposés ci-haut justifient l'intérêt des questionnements à l'égard des potentielles répercussions de ces technologies. L'objectif général, en ce sens, est d'arriver à expliquer la relation entre le fait d'être constamment connecté, que ce soit par le biais d'Internet, du cellulaire ou encore du géo positionnement par satellite (GPS), et la santé cognitive des individus, plus précisément, le système de mémoire hippocampique.

Chapitre 1 : Contexte théorique

Les stratégies de navigation

Deux collègues X et Y essaient de trouver leur chemin vers la conférence à laquelle ils doivent assister. X assure à son collègue qu'ils doivent, à partir de la prochaine lumière, tourner à gauche, puis deux fois à droite, avant de tourner de nouveau à gauche, pour finalement trouver la destination, qui se situera à leur droite. Y pour sa part, ne comprend rien aux explications de X, il est convaincu qu'il fait fausse route avec sa séquence de virages invraisemblables. Dans sa tête, les choses sont beaucoup plus imagées, il préfère essayer de se représenter mentalement l'endroit où il se trouve : les immeubles, le paysage, les objets saillants..., après, c'est beaucoup plus facile de s'y repérer !

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour se repérer dans l'environnement, et comme le démontre l'exemple ci-haut, différents individus tendent à avoir des préférences différentes. Si nous poursuivons avec cet exemple, nous nous rappellerons que X se repérait en mémorisant une série de mouvements (c.-à-d. de virages) à partir d'un point de départ. Cette stratégie de navigation est appelée la stratégie de type *réponse*. Elle est soutenue par le striatum dorsal, plus spécifiquement par le noyau caudé (McDonald & White, 1993). Cette stratégie est conjointe à la mémoire procédurale, c'est-à-dire la mémoire permettant l'acquisition et l'amélioration progressive des capacités motrices (Alvarez, Zola-Morgan, & Squire, 1995; McDonald & White, 1993; Mark G. Packard & McGaugh, 1992, 1996). Ce type de mémoire fait partie de la mémoire à long terme dite implicite. Bon nombre d'entre nous avons appris à faire du vélo lorsque nous étions enfant et maintenant, chaque fois que nous en faisons, nous ne sommes plus forcés de réfléchir consciemment aux mouvements nécessaires à faire avancer le vélo sans tomber : faire du vélo est acquis dans notre mémoire procédurale. Tout comme le vélo, la stratégie réponse ne nécessiterait pas d'effort conscient. Toujours basé sur notre exemple, Y utilisait plutôt une stratégie concurrente nommée la stratégie de type *spatiale*, préférant se représenter son milieu via une carte mentale, mettant en relation plusieurs éléments de l'environnement. Cette stratégie est prise en charge par l'hippocampe (Alvarez et al., 1995; Bohbot, Lerch, Thorndyraft, Iaria, & Zijdenbos, 2007; Etchamendy, Konishi, Pike, Marighetto, & Bohbot, 2012; Iaria, Petrides, Dagher, Pike, & Bohbot, 2003;

Lerch et al., 2011; Maguire et al., 2000; McDonald & White, 1993; O'Keefe & Nadel, 1978). Faisant elle aussi partie de la mémoire à long terme elle est cependant explicite. Ainsi, contrairement à sa stratégie rivale, elle demande donc un effort conscient (O'Keefe & Nadel, 1978). La coopération entre les deux systèmes de mémoire a été constatée dans une variété de contextes (Shohamy & Wagner, 2008; Voermans et al., 2004). À l'inverse, les stratégies de navigation offrent cependant un exemple de compétition entre les systèmes (Lee, Duman, & Pittenger, 2008; M. G. Packard, Hirsh, & White, 1989): les individus peuvent choisir d'utiliser les deux systèmes en parallèle, en alternant entre les deux, ou de manière indépendante, en utilisant soit l'un ou soit l'autre, mais il est impossible de les utiliser tous les deux au même moment (Doeller, King, & Burgess, 2008).

Des études ont montré que la stratégie spontanément utilisée par un individu était reliée à une activité fonctionnelle plus importante et à un plus grand volume dans la structure y étant associée (Bohbot et al., 2007; Iaria et al., 2003; Konishi et al., 2013; West et al., 2018). Autrement dit, les apprenants spatiaux sont reconnus comme ayant un plus grand volume et une plus grande activation de l'hippocampe, alors que pour les apprenants réponse, c'est au niveau du noyau caudé qu'on retrouve cette augmentation. D'autres études, autant chez l'animal que chez l'humain, indiquent que ce lien existant entre les stratégies et les structures les sous-tendant respectivement serait en fait de nature causale. Effectivement, en contraignant des souris à se déplacer dans un labyrinthe tout en utilisant soit une stratégie spatiale, soit une stratégie réponse, Lerch et ses collègues (2011) sont parvenus à induire des changements de la taille de l'hippocampe et du noyau caudé. En effet, le volume de l'hippocampe s'est vu augmenter chez les souris utilisant une stratégie spatiale pour retrouver la plateforme, alors que celles ayant recours à une stratégie réponse avaient un plus grand volume du striatum. Chez l'humain, une étude présente des résultats préliminaires similaires. Réalisée auprès de sept adultes âgés en bonne santé, elle montre une augmentation de matière grise dans plusieurs régions du cerveau, dont l'hippocampe, après un entraînement avec le SMIP, un programme d'intervention de la mémoire spatiale utilisé pour stimuler l'hippocampe en employant une stratégie spatiale (Konishi et al., 2011). Récemment, West et ses collègues (2018) ont entraîné des jeunes adultes en santé à des jeux vidéo de type action (ex. Call of Duty) et ont montré qu'un entraînement peut moduler la matière grise hippocampique dépendamment de la

stratégie de navigation utilisée par le joueur. Effectivement, suite à un entraînement de 90 heures au jeu, les chercheurs ont noté une diminution de la matière grise hippocampique des apprenants réponses et une augmentation de la matière grise au niveau de l'hippocampe chez les apprenants spatiaux (West et al., 2018). Quant aux participants du groupe contrôle, ceux ayant joué à des jeux de type plateforme (ex. Super Mario 64), les chercheurs ont remarqué une augmentation de matière grise hippocampique autant chez les individus utilisant la stratégie spatiale que réponse.

Pour un nombre égal d'hommes et de femmes adultes, la proportion des individus utilisant la stratégie réponse est similaire à celle des individus utilisant la stratégie spatiale (Bohbot et al., 2007; Iaria et al., 2003). Toutefois, cette variabilité interindividuelle n'est pas constante, elle change au cours de la vie d'un individu. En effet, il a été observé que les enfants auraient tendance à adopter préférentiellement une stratégie spatiale, alors que les personnes âgées baseraient plutôt leur navigation sur une stratégie réponse (Bohbot et al., 2012; S. Lin et al., 2012). Il a été proposé que l'apprentissage de la stratégie réponse ne serait pas complété avant l'adolescence, ce qui expliquerait la transition d'une stratégie à l'autre entre l'enfance et l'âge adulte (Bohbot et al., 2012). En vieillissant, le passage d'une stratégie spatiale vers une stratégie réponse serait plutôt une manière de compenser pour continuer de répondre à la demande, l'hippocampe étant négativement affectée par le vieillissement (Etchamendy et al., 2012). Selon un autre raisonnement, il serait adaptatif pour le noyau caudé d'automatiser certains processus comportementaux et cognitifs qui sont fréquemment répétés, dans le but de libérer des ressources cognitives qui pourraient être utilisées ailleurs (Albouy et al., 2008, 2012). Une réduction de l'utilisation de l'hippocampe peut entraîner une diminution de sa quantité de matière grise et de son volume, ce qui est associé avec des déficits cognitifs et représente un facteur de risque pour le développement de démences (Bohbot et al., 2012; Lupien et al., 1998).

Présentation des variables

Les dépendances dites comportementales sont généralement définies comme l'incapacité d'un individu à contrôler sa « relation » avec le comportement dit addictif. Cela résulte en des conséquences négatives au niveau social, psychologique et/ou occupationnel, ou dans toutes autres sphères fonctionnelles importantes de la vie (American Psychiatric

Association, 2013; Young, 1998b). Les troubles liés à la technologie présentés ici-bas ne figurent pas à proprement parler dans le DSM-5. Il est donc difficile d'arriver à une définition uniforme. Une meilleure compréhension de ces dépendances sera nécessaire afin qu'ils y soient officiellement inclus (American Psychiatric Association, 2013).

Internet

La vie sans Internet semble quelquefois bien lointaine dans cette ère où il est pratiquement possible d'être connecté 24 heures sur 24 dans tous les endroits inimaginables. Il est facile de se sentir un peu démuni lorsqu'on n'est pas connecté, perdant ainsi le contact avec ce flux continu d'informations et d'échange avec le monde. C'est probablement ce sentiment qui a inspiré la conception générale voulant qu'Internet ait un effet néfaste sur la santé mentale. Des études abondent également dans ce sens, soulignant notamment l'existence d'un lien entre une surutilisation d'Internet et la dépression ou des problèmes de consommation d'alcool (Ko, Yen, Yen, Chen, & Chen, 2012; Morioka et al., 2016; Young & Rogers, 1998).

Afin de mieux comprendre les mécanismes neuronaux soutenant la dépendance à Internet, les chercheurs se sont d'abord tournés vers différentes méthodes de neuro-imagerie, cherchant des comportements anormaux qu'auraient en commun les individus présentant une dépendance (Hong et al., 2013; Ko et al., 2013; Zhou, Yuan, & Yao, 2012). La recherche a montré qu'une région importante impliquée dans la dépendance à Internet est le cortex frontal, plus spécifiquement, le cortex préfrontal (Jin et al., 2016). Ce dernier est connecté à une multitude de régions sous-corticales et joue un rôle important dans la régulation du circuit de la récompense (Volkow, Fowler, Wang, Baler, & Telang, 2009). Des régions du cortex préfrontal telles que le cortex cingulaire antérieur, le cortex orbitofrontal et le cortex préfrontal dorsolatéral, envoient des projections au striatum, en passant par le thalamus et le pallidum, formant le circuit préfronto-striatal. Celui-ci serait entre autres relié au contrôle de l'inhibition et aux habitudes stimulus-réponses (Kober et al., 2010; Volkow, Wang, Tomasi, & Baler, 2013). Un mauvais fonctionnement de ce circuit a été proposé être l'un des mécanismes pouvant sous-tendre les comportements de dépendances (Dong, Lu, Zhou, & Zhao, 2010; Jin et al., 2016; Young, 1998b).

En effet, des altérations dans le circuit fronto-striatal caractérisant l'augmentation du niveau de dépendance à Internet ont été soulignées à maintes reprises (Cai et al., 2016; Jin et al., 2016; Kühn & Gallinat, 2015; Liu et al., 2017; Yuan et al., 2017). Tout d'abord, un niveau plus élevé de dépendance à Internet a été associé à un plus faible volume de matière grise au niveau du pôle frontal ainsi qu'à une augmentation de la connectivité fonctionnelle reliant le pôle frontal au striatum ventral (Kühn & Gallinat, 2015). Outre le lien avec le niveau de dépendance, les résultats d'études révèlent qu'un plus grand volume du noyau caudé ainsi qu'une diminution de la connectivité fonctionnelle au sein du circuit fronto-striatal sont corrélés avec de moins bonnes performances aux tâches comportementales, notamment plus d'erreurs lors de tâches d'inhibition (Cai et al., 2016; Yuan et al., 2017). Ce qui relierait à la fois le niveau de dépendance et l'intégrité des structures impliquées à des déficits au niveau du contrôle cognitif. De même, Liu et ses collègues (2017) ont montré que les individus ayant une dépendance à Internet présentaient une augmentation de l'activité de tout le striatum lors de l'exposition à des signaux liés à la dépendance. De manière convergente aux études précédentes, des chercheurs ont révélé qu'en plus de la diminution du volume des régions frontales, une diminution du volume hippocampique était également à noter (X. Lin, Dong, Wang, & Du, 2015). Mises en commun, ces différentes recherches, avec leurs approches diverses, soutiennent toutes la même conception selon laquelle le circuit de la récompense jouerait un rôle important dans la dépendance à Internet. Il semble donc que cette dépendance comportementale partage un mécanisme clé avec les dépendances aux substances (Ersche et al., 2011; Everitt et al., 2008).

En elle-même, la stratégie d'apprentissage réponse est associée à une sensibilité au signal : elle est basée sur des associations stimulus-réponses où les stimuli agissent comme le signal (Bohbot, Balso, Conrad, Konishi, & Leyton, 2013). Plusieurs études ont révélé que les apprenants réponses avaient plus de matière grise et d'activité fonctionnelle au niveau du noyau caudé du striatum (Bohbot et al., 2007; Iaria et al., 2003). Bohbot et ses collègues (2013) ont montré que la stratégie réponse est associée à une consommation plus élevée de cigarettes et d'alcool, ainsi qu'à une plus grande susceptibilité d'avoir consommé du cannabis au courant de sa vie. Étant donné l'implication du noyau caudé dans le circuit de la récompense, jouant un rôle dans la motivation à se procurer la substance addictive et au

maintien du comportement de consommation, ces résultats prennent tout leur sens (Everitt & Robbins, 2005; Volkow, Fowler, Wang, Swanson, & Telang, 2007). D'ailleurs, Dahmani et Bohbot (2015) noteraient une activité plus importante dans le cortex préfrontal dorsomédian des apprenants réponses, une région du cerveau qui serait impliquée dans l'apprentissage action-récompense (Lu, Preston, & Strick, 1994). Le cortex orbito-frontal serait également plus actif chez les apprenants réponses (Stalnaker, Cooch, & Schoenbaum, 2015).

Téléphone intelligent

Les téléphones intelligents sont extrêmement répandus (Union Internationale des télécommunications, 2016, 2018) et, contrairement aux cellulaires des anciennes générations, ils sont maintenant capables d'offrir une multitude de fonctionnalités en plus des appels et de la messagerie de base (ex. accès Internet et réseaux sociaux, vidéo, multimédias, etc.). Ce nouvel indispensable qui ne quitte maintenant plus nos poches a éveillé un intérêt d'étude nouveau chez les chercheurs, de par son omniprésence.

Dû à la récence de cette technologie, la recherche concernant les téléphones intelligents et la manière dont ils peuvent affecter les individus en est encore à ses premiers balbutiements (Samaha & Hawi, 2016). Les premières études abordaient l'utilisation excessive du téléphone comme étant plutôt comportementales, relevant d'un lien problématique avec les processus interpersonnels, en tendant à laisser de côté son aspect addictif (Billieux, Maurage, Lopez-Fernandez, Kuss, & Griffiths, 2015). Ce n'est que plus récemment, lorsque les téléphones ont commencé à évoluer en de véritables petits ordinateurs et qu'il est devenu possible d'être connecté à tous moments, d'avoir accès à notre réseau social préféré et de se commander le nouveau gadget à la mode du bout de son pouce, que le développement d'une dépendance par le biais du téléphone a commencé à être envisagé (Billieux et al., 2015; Salehan & Negahban, 2013; Samaha & Hawi, 2016). Cette problématique étant relativement émergente, beaucoup d'études recensées se concentrent surtout sur la description du phénomène, elles tentent entre autres d'en établir la prévalence et d'en définir la symptomatologie (voir Billieux, 2012 pour une revue).

Au cours des dernières années, des problèmes d'ordre physiologique, social, comportemental et affectif ont été associés à un usage excessif des téléphones intelligents

(Roberts, Pullig, & Manolis, 2015). D'ailleurs, utiliser constamment son cellulaire a été relié à des troubles du sommeil, à du stress, à de la dépression, à de l'anxiété ainsi qu'à la dégradation du bien-être (Harwood, Dooley, Scott, & Joiner, 2014; Thomée, Härenstam, & Hagberg, 2011). Samaha et Hawi (2016) ont montré que la dépendance aux téléphones intelligents était positivement corrélée au stress perçu, lui-même fortement relié avec la satisfaction de vie. Ce nombre grandissant de constats a attiré l'attention sur les conséquences potentiellement néfastes que pouvait avoir une surutilisation du téléphone intelligent. Pour tenter de mieux comprendre les mécanismes neuronaux sous-jacents à cette dépendance, Wang et ses collègues (2016) ont étudié les effets de la dépendance aux téléphones mobiles sur l'intégrité de la matière blanche et sur le volume de matière grise chez des jeunes adultes. Leurs résultats ont révélé une diminution du volume de matière grise dans le gyrus frontal supérieur et inférieur droit ainsi que dans le thalamus bilatéral. Une diminution de l'intégrité de la matière blanche dans l'hippocampe bilatéral a aussi été observée (Wang et al., 2016). Les individus avec des dépendances comportementales, à Internet par exemple, montrent aussi des altérations dans des régions du cerveau, incluant le cortex frontal (Striatum ventral: Han, Kim, Lee, & Renshaw, 2012; Thalamus: van Holst, van den Brink, Veltman, & Goudriaan, 2010; Noyau caudé et cortex préfrontal dorsolatéral: Yuan et al., 2017).

Clark et Chalmers (1998) apportent une autre perspective très intéressante qui s'applique parfaitement aux téléphones intelligents, celle d'« extended mind ». L'*extended mind*, ou l'esprit étendu, c'est la notion voulant que la pensée dépasse la matière grise. Rattaché à ce concept, les auteurs présentent un système cognitif étendu comme étant un objet externe servant à accomplir une fonction, qui autrement, serait accomplie par l'action des processus cognitifs internes (Clark & Chalmers, 1998). Par exemple, lorsqu'on prend en note un numéro de téléphone plutôt que de retenir nous-mêmes cette information en mémoire. Le développement continu des téléphones intelligents en fait l'objet d'externalisation parfait (Barr, Pennycook, Stolz, & Fugelsang, 2015). En effet, pour reprendre l'expression très communicative de Barr et ses collègues (2015), le téléphone est devenu « *un cerveau dans notre poche* » : il pense pour nous, garde l'information en mémoire et la récupère, sans même nécessiter le recours aux facultés cognitives.

Géo-positionnement par satellite (GPS)

Il n'y a pas si longtemps, se repérer se faisait inévitablement par le biais d'une carte ou via notre mémoire, mais cela, c'était avant que les GPS viennent offrir une alternative simple et rapide facilitant les déplacements (Hejtmánek, Oravcová, Motýl, Horáček, & Fajnerová, 2018). Maintenant, en plus des GPS traditionnels, de nombreux véhicules sont équipés d'un GPS intégré et il existe une variété d'application de navigation. Certes, les individus se déplacent toujours, mais de nombreuses possibilités s'offrent maintenant à eux pour les aider à se repérer.

Se déplacer dans un environnement, qu'il soit vaste ou plus restreint, requiert la formation de représentations mentales (Shapiro, 2015; Taylor, Brunyé, & Taylor, 2008) formées sur la base des points de repère de l'environnement, des éléments de la route, etc. (O'Keefe & Nadel, 1978; Siegel & White, 1975). Plusieurs chercheurs soutiennent que la qualité des représentations pourrait être modulée par la modalité des indices utilisés pour le processus d'encodage (Münzer, Zimmer, & Baus, 2012; Shelton & McNamara, 2004; Zhang, Zherdeva, & Ekstrom, 2014). Autrement dit, l'acquisition par le biais d'une carte versus directement via les éléments de l'environnement ne résulterait pas en des représentations de même richesse. Malgré cela, l'utilisation de cartes reste tout de même plutôt favorable à l'exactitude de la représentation mentale formée, en contrepartie, l'utilisation intensive de la navigation par GPS peut y être défavorable (Hejtmánek et al., 2018). En effet, les études suggérant que le GPS pourrait avoir un effet négatif sur les capacités spatiales des utilisateurs quotidiens sont de plus en plus nombreuses (Hejtmánek et al., 2018; McKinlay, 2016).

Dans le même ordre d'idée, le concept de système cognitif étendu peut être repris avec le GPS, ce dernier pouvant aussi servir d'objet d'externalisation. Plutôt que d'utiliser ses ressources internes afin de lire une carte routière ou pour tenter de se remémorer le chemin en s'aidant des indices environnementaux gardés en mémoire sous forme de carte cognitive (O'Keefe & Nadel, 1978; Siegel & White, 1975), le GPS peut être utilisé pour économiser cet effort. Lorsqu'on ne fait pas travailler notre mémoire spatiale, mémoriser un trajet devient plus difficile. Par exemple, l'utilisation du GPS s'accompagne souvent du sentiment, une fois arrivé à destination, qu'il serait impossible de refaire le trajet en chemin inverse, faute de n'avoir rien mémorisé au fil de notre itinéraire (Hejtmánek et al., 2018).

Plusieurs études suggèrent que l'apprentissage par le biais de cartes pourrait mener plus directement à l'apprentissage de type « survey knowledge » (Ruddle, Payne, & Jones, 1997; Thorndyke & Hayes-Roth, 1982). Ce type d'apprentissage est reconnu pour être l'homologue d'une stratégie basée sur les relations spatiales entre les repères de l'environnement (c.-à-d. spatiale) (Noordzij, Zuidhoek, & Postma, 2006). Au contraire, l'utilisation du GPS est assumée être nuisible à ce type de stratégie (Hejtmánek et al., 2018; McKinlay, 2016).

Les objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif de la présente étude est d'arriver à une meilleure compréhension de la relation qu'il peut y avoir entre les technologies et le système de mémoire hippocampique. Plus précisément, le but est de déterminer si des individus utilisant davantage ces différentes technologies (c.-à-d. Internet, téléphone intelligent, GPS) se différencient quant à leur utilisation des stratégies de navigation, ces dernières étant tributaires de régions bien délimitées du cerveau, dont l'hippocampe.

En appui sur la théorie présentée plus haut, nous supposons que les individus ayant un résultat supérieur à l'Internet addiction test (IAT), donc étant plus dépendants à Internet, utiliseront de manière préférentielle la stratégie de navigation réponse comparativement aux individus manifestant un niveau de dépendance inférieur.

Nous posons également l'hypothèse que des individus ayant une utilisation significativement plus grande de leur téléphone intelligent, se traduisant par un score supérieur au questionnaire d'utilisation du téléphone intelligent, auront tendance à favoriser l'utilisation d'une stratégie réponse lors de la navigation.

Concernant l'utilisation du GPS, nous croyons que les utilisateurs fréquents d'applications de navigation (Ex.: Google Maps, Plans, Etc.) vont également recourir, dans des proportions plus élevées que les faibles utilisateurs, à une stratégie de navigation réponse.

Autrement dit, des scores plus élevés aux différents questionnaires d'utilisation de la technologie devraient, selon nos attentes, se traduire par une fréquence significativement plus grande de l'utilisation d'une stratégie de type réponse. Étant donné le lien qui semble exister entre les différentes dépendances aux technologies (Greenberg, Lewis, & Dodd, 1999; Rozin

& Stoess, 1993), il est attendu que les résultats soient semblables pour les trois technologies présentées.

Les variables contrôles

Qualité subjective du sommeil

L'effet du manque de sommeil est facilement expérimentable, il suffit souvent d'un trajet en voiture interminable ou d'un double quart de travail pour en être assailli. Une privation de sommeil augmente les risques d'accident dû à l'erreur humaine (Dinges, 1995), il faut ajouter que cela altère les facultés mentales de manière semblable à une consommation d'alcool dépassant la limite permise (Dawson & Reid, 1997). En effet, le manque de sommeil affecte négativement l'ensemble des performances : plus le temps sans dormir est important et plus les performances en sont affectées (Goel, Basner, Rao, & Dinges, 2013). Les études auprès de jeunes adultes indiquent que huit à neuf heures de sommeil par nuit sont nécessaires afin de résorber la somnolence suite au manque de sommeil (Roehrs, Merlotti, Petrucelli, Stepanski, & Roth, 1994; Roehrs, Timms, Zwylghuizen-Doorenbos, & Roth, 1989).

Les processus mnésiques qui dépendent de l'hippocampe sont particulièrement sensibles à la perturbation du sommeil (Kreutzmann, Havekes, Abel, & Meerlo, 2015; Walker, 2008). Notamment, des études chez les rongeurs montrent qu'un manque de sommeil diminue la performance dans la tâche du labyrinthe aquatique de Morris (Chang, Wu, & Lan, 2009; Guan, Peng, & Fang, 2004; Tartar et al., 2006; Ward, McCarley, & Strecker, 2009). D'autres études indiquent que le sommeil tend à améliorer la performance dans les tâches de reconnaissance d'emplacement d'objet, qui dépendent de l'hippocampe (Binder et al., 2012), alors qu'un manque de sommeil lui est nuisible (Prince et al., 2014).

Puisque le manque de sommeil est connu pour affecter à la fois les performances globales et être nuisible dans les tâches reposant sur le système de mémoire hippocampique, nous avons jugé préférable de contrôler cette variable. De cette manière, il sera possible de s'assurer que les performances comportementales mesurées ne seront pas affectées par une perturbation du sommeil, mais bel et bien par le phénomène que nous avons pour objectif d'évaluer.

Quotient intellectuel non verbal

De manière à nous assurer d'une certaine homogénéité dans notre échantillon, nous avons introduit le quotient intellectuel non verbal en tant que variable contrôle. Contrairement au niveau d'éducation, l'estimé des aptitudes et du fonctionnement intellectuel général des participants est plus précis, tout en offrant plus de liberté, ce qui en fait un outil équilibrant homogénéité et généralisation. En effet, avec un test d'intelligence non verbal, il est possible de s'assurer que l'échantillon représente la population, mais en acceptant un certain niveau de divergence. Dans le cas actuel, le quotient moyen de la population se situe à 100 avec un écart-type de 15 (Brown, Sherbenou, & Johnsen, 2010).

Chapitre 2 : Méthodologie

Participants

Les participants ont été recrutés par le biais d'annonces en ligne, d'affiches sur les babillards ainsi que par bouche-à-oreille. Au total, 38 participants ont été recrutés, tous âgés entre 18 et 30 ans ($M= 23,34$ $ET=3,34$). Aucun des participants n'avait de trouble neurologique ou de diagnostic de psychopathologie connu. Ils n'avaient pas non plus recours à une médication affectant le système neurologique. De plus, les participants étaient non-fumeurs, prenaient moins de 10 consommations d'alcool par deux semaines et ne consommaient pas, ou très peu, de substances psychotropes. Finalement, les individus du groupe faibles utilisateurs sont considérés comme des non-joueurs de jeux vidéo. C'est-à-dire qu'ils ne jouaient pas à des jeux vidéo au moment de l'étude, et ce depuis environ deux ans, et qu'ils n'ont jamais été des habitués (c.-à-d. s'ils ont joué par le passé, ils ne devaient pas avoir joué plus de deux heures par semaine, en moyenne). Ces critères sont semblables à ceux qu'on retrouve dans d'autres études impliquant des joueurs de jeux vidéo. Étant donné qu'un lien est démontré entre les habitudes de jeux et l'utilisation d'Internet (X. Lin et al., 2015; Liu et al., 2017), le critère d'exclusion concernant les jeux vidéo n'a pas été appliqué au groupe des hauts utilisateurs. Une compensation financière de 40\$ a été remise aux participants ayant complété la totalité de la séance.

Procédure

La sélection des participants s'est déroulée par le biais d'un questionnaire en ligne à l'aide de la plateforme *Survey Monkey*. Ce questionnaire est divisé en deux sections indépendantes. La première contient les explications concernant l'étude et les questions servant à l'identification. Dans ce premier questionnaire, un code formé des trois premiers caractères du code postal et des quatre derniers chiffres du numéro de téléphone était également attribué à chaque participant afin d'anonymiser les réponses. La seconde partie, quant à elle, comportait plusieurs questions de santé, des questions sur l'utilisation des jeux vidéo, ainsi qu'un questionnaire d'utilisation d'Internet (Internet addiction test), servant ici à distribuer les participants en deux groupes. Si le candidat était éligible aux conditions de

l'étude et s'il était considéré comme faible ou grand utilisateur, il était contacté par téléphone ou par courriel, selon sa préférence. Nous confirmions alors les éléments importants pour les critères d'admissibilités ainsi que les conditions de l'étude et nous prenions rendez-vous en fonction des disponibilités des parties impliquées.

Suite à l'obtention du consentement écrit du participant (voir annexe II), nous procédions à l'administration des différents questionnaires (indice de la qualité du sommeil de Pittsburgh, questionnaire maison, questionnaire GPS), ainsi qu'à la passation du test d'intelligence non verbale TONI-4. Finalement, la session prenait fin suite à la tâche comportementale à l'ordinateur. Avant cette dernière étape, le participant qui en ressentait le besoin pouvait prendre une pause, de manière à minimiser sa fatigue et optimiser sa concentration. La durée moyenne de l'expérience était d'une heure, soit d'environ 20 minutes pour la complétion des questionnaires et de 45 minutes pour le labyrinthe virtuel 4 sur 8 (c.-à-d. la tâche comportementale). L'ordre des questionnaires n'a pas été contrebalancé, l'échantillon étant petit et le temps de passation de courte durée.

Questionnaires et tests

Test d'addiction à Internet

Le niveau de dépendance à internet a été mesuré à l'aide de l'*Internet addiction test* (IAT) conçu par le Dr. Kimberly Young (1998a). Il s'agit d'un questionnaire très largement utilisé, validé en de nombreuses langues, offrant une mesure auto-rapportée de la sévérité de l'utilisation d'Internet chez une population adulte ou adolescente. Il est constitué de 20 items sur une échelle de type Likert (où 0= ne s'applique pas et 5= toujours). Les différentes questions du IAT sont réparties entre six sous-échelles : l'importance du phénomène (5 items), l'usage excessif (5 items), la négligence du travail (3 items), l'anticipation (2 items), le manque de contrôle (3 items) et la négligence de la vie sociale (2 items). Dans la présente étude, seulement le score global a été utilisé comme indice de dépendance, les sous-échelles ayant été critiquées pour leur manque de cohérence interne (Guertler et al., 2014; Widyanto & McMurrin, 2004). Le score global est obtenu en additionnant les résultats à chaque énoncé, pour un résultat maximal de 100 : plus le résultat est élevé, plus la dépendance est importante. La détermination du seuil délimitant un faible utilisateur d'un utilisateur faisant un usage

problématique d'Internet n'est pas clairement établie. Khazaal et ses collègues (2008) mentionnent qu'un score supérieur à 50 révélerait, de manière générale, un usage problématique d'Internet. Une autre étude, utilisant également le IAT, se réfère à plus de 70 comme étant une utilisation pathologique d'Internet et plus de 40 comme étant le seuil inférieur révélant une utilisation problématique (Guertler et al., 2014). Pour la présente étude, un individu obtenant un score inférieur à 25 sera considéré comme faible utilisateur et un individu ayant un score supérieur à 40 comme un haut utilisateur. Nous avons utilisé une version traduite en français et validée rapportant un coefficient de cohérence interne (alpha de Cronbach) de 0,93 (Khazaal et al., 2008). Pour le présent échantillon, l'alpha de Cronbach est également de 0,93.

Nous avons également utilisé l'*Internet addiction diagnostic questionnaire* (IADQ). Il s'agit d'un inventaire auto-rapporté constitué de huit questions mesurées de manière dichotomique (par oui ou non) (Young, 1998b). Le IADQ a été conçu sur la base des symptômes diagnostiques des joueurs pathologiques, c'est-à-dire la préoccupation, la tolérance, la perte de contrôle, le repli sur soi, les conséquences négatives, le déni et l'échappement (American Psychiatric Association, 2013; Young, 1998b). Pour être catégorisé comme ayant une dépendance à Internet, l'individu doit répondre « oui » à cinq items ou plus, dans le cas contraire, il est classifié comme étant un utilisateur régulier, c'est-à-dire non dépendant.

Questionnaire d'utilisation du téléphone intelligent

L'utilisation du téléphone intelligent a été mesurée à l'aide d'un questionnaire maison. Ce test comprend 25 questions graduées selon une échelle de Likert allant de 1 (complètement en désaccord) à 5 (complètement en accord). Le score global est obtenu en additionnant la réponse donnée par le participant à chacun des items : un score global plus élevé laissant présager d'un usage plus grand du téléphone intelligent. Parmi les items le constituant, 18 portent directement sur l'utilisation du téléphone intelligent, quant aux autres items, ils sont reliés aux activités connexes souvent associées avec l'utilisation du téléphone (c.-à-d. réseaux sociaux, usage des autres technologies, Internet, ...) (Billieux et al., 2015). Bien qu'aucune étude de validation à proprement parler n'a été réalisée, le questionnaire a été testé auprès

d'une dizaine de participants avant l'étude permettant d'observer un score de cohérence interne de 0,84. Pour la présente recherche, l'alpha de Cronbach observé est de 0,88.

Questionnaire d'utilisation du GPS

Afin de mesurer le niveau d'utilisation du GPS, nous avons eu recours à un questionnaire conçu par l'équipe de recherche du Dre Véronique Bohbot de l'institut universitaire en santé mentale Douglas. Ce questionnaire de cinq pages comporte différentes échelles et permet d'évaluer plusieurs dimensions de l'utilisation du GPS telles que la dépendance et la fréquence d'utilisation. Pour les besoins de la présente étude, quelques modifications ont été apportées, notamment, des questions plus spécifiques concernant les applications de navigation ont été ajoutées au questionnaire (voir annexe II). Il est important de préciser qu'aucune distinction n'a été faite entre l'utilisation du GPS traditionnel et celle des applications de navigation (ex. google map, plans, etc.). Nous avons obtenu un coefficient alpha de Cronbach de 0,76 pour l'échelle de dépendance et de 0,64 pour l'échelle de fréquence d'utilisation.

Test de perception de la qualité du sommeil

Nous avons utilisé l'Index de qualité de sommeil de Pittsburgh (IQSP) afin de mesurer la qualité du sommeil subjectif des participants (Buysse, Reynolds, Monk, Berman, & Kupfer, 1989). Il s'agit d'un questionnaire auto-rapporté de 10 items chacun ayant plusieurs sous-questions. Les questions sont regroupées en 7 composantes évaluant des facettes différentes des troubles du sommeil : qualité du sommeil, temps de latence, durée, efficacité habituelle du sommeil, utilisation de médication, perturbation, difficulté à fonctionner durant le jour. Le score de chaque question est d'abord calculé, puis additionné en un score global. Un score supérieur à 5 indique des difficultés au niveau du sommeil pouvant affecter la qualité du sommeil, ces individus sont qualifiés de « poor sleepers » (Buysse et al., 1989). La cohérence interne, telle que calculée par l'alpha de Cronbach, de la version française est de 0.88 (Blais, Gendron, Mimeault, & Morin, 1997). Nous nous sommes particulièrement intéressés à la qualité du sommeil concernant la dernière semaine.

Test d'intelligence non verbale

Le *test of nonverbal intelligence-fourth edition* (TONI-4) a été utilisé afin d'estimer les aptitudes et le fonctionnement intellectuel général des participants (Brown et al., 2010). Plus précisément, il permet d'évaluer les capacités de raisonnement abstrait et de résolution de problème (Ritter, Kilinc, Navruz, & Bae, 2011). Bien qu'il ne contienne pas de sous-test, le TONI-4 est constitué de deux formes indépendantes (forme A et forme B) composées toutes deux de 60 questions pouvant être administrées à des individus âgés entre 6 et 89 ans. Chaque question est composée d'une série de figures abstraites et d'une figure manquante, le participant est appelé à compléter la série en indiquant, dans une liste de figures possibles, la réponse qu'il juge adéquate. Chaque série inclut plusieurs attributs tels que la forme, la direction, une rotation, l'ombre, la grosseur, etc. Plus le test augmente en difficulté, plus qu'il y a d'attributs ajoutés à une même série (Brown et al., 2010, p. 2). Le test prend fin lorsque le participant fait trois erreurs dans cinq items consécutifs. Le score brut est calculé en additionnant les bonnes réponses (1 point par réponse adéquate, aucun pour les mauvaises), puis est converti en score indiciel en fonction de l'âge du participant. La moyenne pour le score indiciel est de 100 avec un écart-type de 15 (Brown et al., 2010). Pour la présente étude, la forme B a été utilisée. Les coefficients alpha varient de 0.93 à 0.97 en fonction de l'âge.

Tâche comportementale : labyrinthe virtuel 4 sur 8

Le labyrinthe virtuel 4 sur 8 est une tâche comportementale sur ordinateur permettant de déterminer la stratégie de navigation spontanément utilisée par un individu. Cette tâche a été conçue par les chercheurs en utilisant un éditeur de jeux informatiques commercial (Unreal; Epic game, Raleigh, NC). Il est constitué d'une plateforme centrale d'où partent en étoile huit allées et autour de laquelle sont disposés plusieurs indices d'orientation (arbre, montagne, roche, etc.). À la fin de chacune des allées se trouvent des escaliers qui mènent à une fosse. Dans quatre des huit allées, un objet est placé au fond de la fosse. Les allées récompensées sont indissociables des allées vides, autrement dit, les objets ne sont pas visibles du centre de la plateforme.

Dans un premier temps, le participant est amené à se familiariser avec les commandes de la tâche ainsi qu'avec l'environnement virtuel. Il est invité à s'y déplacer à l'aide des flèches du haut, de gauche et de droite du clavier situé devant lui. Lorsque la phase dite

d'habitation est complétée, et que le participant se sent à l'aise dans ce nouvel environnement, la tâche peut débiter.

La tâche est constituée d'un minimum de cinq essais, dont un essai sonde, qui sera abordé ultérieurement. Chaque essai comporte deux parties. Dans la partie un, quatre des huit allées sont bloquées par des barrières et des objets sont disposés au bout des allées accessibles (Figure 2a). Le participant doit alors récupérer les objets au bout des allées disponibles. Dans la partie deux, toutes les allées sont maintenant accessibles : il n'y a donc aucune barrière (Figure 2b). Il est maintenant demandé au participant de récupérer les objets restants. Ainsi, ce dernier a dû mémoriser où étaient situés les objets dans la partie un, dans le but d'éviter les allées qu'il avait déjà visitées, afin de récupérer les objets dans cette deuxième partie. L'essai prend fin lorsque le participant a récupéré tous les objets, ou lorsque trop d'erreurs sont commises. Le participant doit compléter au moins un essai sans erreur pour accéder à l'essai sonde. Un minimum de trois essais doit cependant être complété.



Figure 2. A. Première partie d'un essai au labyrinthe virtuel 4 sur 8. Quatre des huit allées sont bloquées. Les objets sont représentés par des soleils. Le participant est au centre de la plateforme et la flèche représente la direction de son regard. B. Deuxième partie d'un essai au labyrinthe virtuel 4 sur 8. Toutes les allées sont disponibles. En provenance de « Autistic traits in neurotypical individuals are associated with increased landmark use during navigation » par Blanchette, C.-A., Amirova, J. Bohbot, V.D., et West, G.L., 2018, *PsyCh journal*. Utilisées avec permission.

L'essai sonde comporte également deux parties. La partie un est identique à celle retrouvée dans les autres essais, seule la seconde partie diffère. Les consignes restent les mêmes : les allées sont toutes disponibles et le participant doit récupérer les objets restants sur la base d'une mémorisation antérieure des allées précédemment visitées. Cependant, à la différence des autres essais, le paysage est entièrement masqué, ce qui empêche le participant

qui le désire d'utiliser les indices d'orientation, mettant ainsi en échec les utilisateurs de la stratégie spatiale. De plus, un objet est placé dans chacune des huit allées et l'essai prend maintenant fin lorsque le participant a récupéré quatre objets. L'essai sonde permet de dissocier les apprenants réponse des apprenants spatiaux. Un participant ayant spontanément opté pour mémoriser l'emplacement des objets en ayant recours au paysage, dans cette seconde partie de l'essai sonde, tendra à faire plus d'erreurs en récupérant les objets.

Plusieurs types d'erreurs peuvent être commises lors de la tâche. D'abord, lorsqu'un participant entre dans une allée qui ne contient pas d'objet, cela constitue une erreur. Ce type d'erreur est appelé « mémoire de référence ». Lorsqu'un participant visite une allée qu'il a déjà visitée, cela constitue également une erreur. Cette erreur repose sur la mémoire de travail, on dit qu'elle est « incorrecte » si l'allée revisitée était une allée non récompensée et qu'elle est « correcte » si l'allée était initialement une allée où se situait un objet. L'essai sonde se différenciant quelque peu, notamment par le fait qu'un objet se situe dans chaque allée, si un participant visite une allée incorrecte, ou s'il visite à nouveau une allée, l'erreur portera le nom « d'erreur absolue ». Finalement, l'essai sonde implique également l'erreur rotationnelle. Les objets sont placés dans les allées selon certaines configurations précises qui changent plus ou moins au fil des essais. L'erreur rotationnelle est calculée à partir de ces séquences, un participant peut avoir mémorisé la bonne séquence, mais ne pas l'avoir débutée à l'endroit adéquat, simplement commettre des erreurs dans la séquence, ou ne pas avoir mémorisé de séquence du tout. C'est ce que prend en compte l'erreur rotationnelle : un participant ayant la bonne séquence, mais ayant commencé au mauvais endroit n'aura aucune erreur rotationnelle, alors qu'un participant faisant des erreurs dans la séquence, fera une, ou plusieurs, erreur rotationnelle.

La tâche se termine par une entrevue semi-structurée standardisée où l'on demande au participant, par exemple, comment il a fait pour mémoriser quelles allées emprunter et lesquelles éviter. Cette entrevue permet de déterminer la stratégie de navigation spontanément utilisée par le participant. Bien que le rapport verbal soit préférentiellement utilisé, il peut aussi être combiné à la performance à l'essai sonde (c.-à-d. le nombre d'erreurs), également utilisée à des fins de catégorisation (Bohbot et al., 2007).

Chapitre 3 : Analyse des résultats

Une analyse de puissance a été réalisée a priori à l'aide du logiciel G*Power. Pour les fins de cette analyse, la taille d'effet avait été définie à 0,6, correspondant à un effet moyen selon les critères établis par Cohen (Cohen, 1988) et la puissance à 80%. L'analyse a priori suggérait une taille d'échantillon de 45 participants par groupe.

Parmi les 38 individus ayant complété l'étude, 25 (5 hommes) ont été catégorisés comme étant de grands utilisateurs et 13 (2 hommes) comme de faibles utilisateurs. Parmi les grands utilisateurs, 18 ont été catégorisés comme apprenants spatiaux (4 hommes) et 8 comme apprenants réponses (1 homme). Dans le groupe de faibles utilisateurs, on retrouve 7 participants classifiés en tant qu'apprenants spatiaux (1 homme) et 6 en tant qu'apprenants réponses (1 homme). Concernant la variable IAT, aucune différence significative n'a été relevée entre les deux groupes au niveau de l'âge (grands utilisateurs : $M=23,00$, $ET=3,35$; faibles utilisateurs : $M=24,00$, $ET=3,34$) ($F(1)=0,762$, $p=0,388$). Pour les autres variables à l'étude, il n'y a pas non plus de différence quant à l'âge (spatiaux : $M=23,68$, $ET=3,56$; Réponses : $M=22,69$, $ET=2,90$) ($F(1)=0,743$, $p=0,394$). Nous avons également vérifié s'il y avait une différence entre les spatiaux et réponses quant au nombre d'erreurs faites à l'essai sonde. Les résultats ont révélé qu'il y avait une différence ($\chi^2(1) = 5,729$, $p = 0,017$, $\varphi=0,388$). En pourcentage relatif, 76,9% des apprenants réponses ont réussi l'essai sonde sans faire d'erreur, contre 36,0% des apprenants spatiaux.

Les participants, quel que soit leur niveau d'utilisation des technologies, ont obtenu au TONI-4 un score indiciel moyen de 102 ($ET= 9$). Aucune différence n'a été relevée entre les deux groupes (c.-à-d. grands ou faibles utilisateurs d'Internet) au niveau de leurs aptitudes et de leur fonctionnement intellectuel général tel qu'estimé par le test de quotient intellectuel non verbal (grands utilisateurs : $M=102$, $ET=10$; faibles utilisateurs : $M=102$, $ET=8$) ($F(1)=0,245$, $p=0,624$). De même, au sein des groupes, aucune différence n'a été observée entre les apprenants réponses et les apprenants spatiaux (grands utilisateurs : $F(1)=0,148$, $p=0,708$; faibles utilisateurs : $F(1)=0,233$, $p=0,634$) (se référer au tableau 1). Pour les autres variables technologiques, aucune différence n'a été relevée quant au score du TONI-4 (spatiaux : $M=101$, $ET=9$; réponses : $M=104$, $ET=9$) ($F(1)=1,178$, $p=0,782$).

Les participants présentent un score moyen de 4,11 (ET=2,1) à l'IQSP. Les résultats montrent une différence entre la qualité du sommeil perçue par les participants des deux groupes de l'IAT (grands utilisateurs : M=4,60, ET=2,24; faibles utilisateurs : M=3,15, ET=1,46) ($F(1)=4,555, p=0,040$). Malgré cela, au sein même des différents groupes, aucune différence n'a été observée entre les apprenants réponses et spatiaux quant à la qualité du sommeil (grands utilisateurs : $F(1)=1,425, p=0,245$; faibles utilisateurs : $F(1)=0,376, p=0,553$) (se référer au tableau 1). Pour les autres variables technologiques, aucune différence n'a été relevée quant au score à l'IQSP (spatiaux : M=4,56, ET=2,20; réponses : M=3,23, ET=1,64) ($F(1)=3,664, p=0,064$).

	Grands utilisateurs		Faibles utilisateurs	
	Spatial	Réponse	Spatial	Réponse
Caractéristiques				
N	18	7	7	6
Âge moyen	23,00 [1,91]	23,00 [3,82]	25,43 [2,07]	22,33 [3,93]
Score indiciel moyen TONI-4	100 [10]	105 [10]	101 [9]	103 [9]
Score moyen IQSP	5,00 [2,20]	3,57 [2,15]	3,43 [1,90]	2,83 [0,75]

Tableau I. Catégorisation des participants en fonction de la stratégie de navigation spontanément employée, âge et scores moyens des variables contrôles selon les groupes (IAT).

Plusieurs corrélations ont été observées entre les questionnaires de technologie utilisés. D'abord, on note une corrélation entre le score à l'IAT et celui au questionnaire mesurant la dépendance au cellulaire ($r=0,62, p>0,01$). De la même manière, le score à l'IADQ est également corrélé positivement avec celui obtenu à la mesure du téléphone intelligent ($r=0,45, p>0,01$). En effet, plus le participant obtient un score élevé aux échelles de dépendance à Internet, plus son score tend à être également élevé à l'échelle d'utilisation du téléphone intelligent. Le niveau de dépendance au GPS ainsi que sa fréquence d'utilisation n'est corrélé avec aucune des autres mesures de dépendance à la technologie. Cependant, les deux mesures sont positivement corrélées entre elles ($r=0,38, p>0,05$). Les individus utilisant significativement plus fréquemment le GPS tendant également à y être plus dépendant. Les

deux questionnaires mesurant le niveau de dépendance à Internet sont également corrélés de manière positive entre eux ($r=0,65$, $p>0,01$). En ce qui a trait à l'âge et aux variables contrôles, aucune corrélation ne s'est révélée significative, mais dû à plusieurs résultats relativement élevés entre celles-ci et nos variables d'intérêts, elles seront tout de même prises en considération lorsque les analyses l'exigeront. Nous avons constaté que le score indiciel du TONI-4 corrélait négativement à la fois avec le score à l'IQSP ($r=-0,29$, $p=0,077$) et avec la fréquence d'utilisation du GPS ($r=-0,23$, $p=0,161$). Également, les résultats ont montré que l'âge corrélait positivement avec l'IADQ ($r=0,28$, $p=0,089$) et négativement avec le score de dépendance au GPS ($r=-0,24$, $p=0,143$). Finalement, une corrélation positive a été montrée entre le score à l'IQSP et le résultat à l'échelle d'utilisation de téléphone intelligent ($r=0,28$, $p=0,084$).

Nous avons voulu vérifier s'il existait des différences entre les grands utilisateurs d'Internet et les faibles utilisateurs quant à la stratégie de navigation employée. Les participants ayant été sélectionnés à l'aide de l'IAT en fonction de leur utilisation d'Internet (grande ou faible), cette variable n'est pas distribuée normalement, un test non-paramétrique a donc été effectué afin de comparer les fréquences d'utilisation de chaque stratégie chez les grands et faibles utilisateurs. Les résultats du khi-carré n'ont montré aucune différence entre les groupes ($\chi^2(1) = 1,252$, $p = 0,263$). Nous avons également vérifié s'il y avait une différence entre les grands et les faibles utilisateurs quant au nombre d'erreurs fait à l'essai sonde. Aucune différence n'a été soulignée ($\chi^2(1) = 0,117$, $p = 0,732$), la fréquence des erreurs à l'essai sonde ne diffère donc pas en fonction du niveau d'utilisation d'Internet.

Une ANCOVA a été utilisée afin de vérifier s'il existait des différences entre les scores moyens d'utilisation d'Internet, tel que mesuré par l'IADQ, en fonction de la stratégie de navigation spontanément utilisée, tout en contrôlant pour l'âge. Étant donné que les participants ont été sélectionnés en fonction du score global obtenu à l'IAT, nous nous sommes d'abord assurés, à l'aide d'analyses de fréquences, que la distribution de la variable était normale. La variable possède une asymétrie de 0,794 et une kurtose de 0,537, témoignant d'une distribution normale (Curran, West, & Finch, 1996). Les résultats de l'ANCOVA n'ont montré aucune différence entre les groupes (spatiaux: $M=2,32$, $ET=1,42$; réponses: $M=2,32$,

ET= 1,63) ($F(1)=0,006$, $p=0,941$) La stratégie de navigation utilisée ne diffère pas selon les scores moyens obtenus au IADQ, donc selon le niveau d'utilisation d'Internet.

Une ANCOVA a été utilisée afin de vérifier s'il existait des différences entre les scores moyens d'utilisation du téléphone intelligent en fonction de la stratégie de navigation spontanément utilisée, tout en contrôlant pour la qualité du sommeil perçue. La distribution de la variable est normale, elle possède une asymétrie de -0,159 et une kurtose de -0,644 (Curran et al., 1996). Les résultats de l'ANCOVA n'ont montré aucune différence entre les groupes (spatiaux: $M=67,80$, $ET=15,02$; réponses: $M=69,85$, $ET= 10,47$) ($F(1)=1,549$, $p=0,862$).

Une ANCOVA a été utilisée afin de vérifier s'il existait des différences entre les scores moyens de dépendance au GPS en fonction des stratégies de navigation spontanément utilisée, tout en contrôlant pour l'âge. La normalité a été vérifiée à l'aide des scores d'asymétrie et de voussure. La variable possède une asymétrie de 0,957 et une kurtose de 0,832, elle semble donc normalement distribuée (Curran et al., 1996). Les résultats n'ont montré aucune différence entre les groupes (spatiaux: $M=34,68$, $ET=8,19$; réponses: $M=34,77$, $ET= 4,73$) ($F(1)=1,549$, $p=0,862$). De la même manière, nous avons vérifié s'il y avait des différences significatives entre la fréquence moyenne d'utilisation du GPS et les stratégies de navigation, en contrôlant pour le résultat au TONI-4. La variable est normalement distribuée comme en témoigne son score d'asymétrie de 0,275 et de kurtose de -0,445 (Curran et al., 1996). Encore une fois, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes (spatiaux: $M=16,40$, $ET=4,14$; réponses: $M=15,38$, $ET= 3,93$) ($F(1)=0,242$, $p=0,626$).

Discussion

Cette recherche avait pour intention d'offrir une meilleure compréhension de la relation entre les technologies et le système de mémoire hippocampique. Nous voulions déterminer si des individus manifestant une dépendance plus grande à l'Internet, aux téléphones intelligents ou au GPS utiliseraient davantage une stratégie de navigation plutôt qu'une autre. Il était attendu que les grands utilisateurs auraient recours significativement plus à la stratégie réponse, soutenue par le noyau caudé (McDonald & White, 1993). Les résultats ne nous ont cependant pas permis d'arriver à une telle conclusion : aucune hypothèse n'a pu être confirmée.

Tout d'abord, rappelons que les différentes dépendances sont connues pour être corrélées : un individu aura ainsi tendance à être dépendant à plus d'un objet d'addiction (Greenberg et al., 1999; Rozin & Stoess, 1993). Nos résultats vont dans ce sens en ce qui concerne la dépendance à Internet et aux téléphones intelligents, mais pas en ce qui a trait au GPS. Les grands utilisateurs d'Internet sont également de plus grands utilisateurs de téléphone intelligent, mais cela ne semble pas corrélérer avec leur fréquence d'utilisation ni leur niveau de dépendance au GPS. La corrélation positive entre les deux mesures de dépendance à Internet et celle entre les deux mesures du GPS indiquent que les tests mesuraient bien le construit recherché.

Le test de quotient intellectuel non verbal ainsi que le questionnaire de qualité de sommeil subjectif ont permis d'augmenter notre confiance quant aux données obtenues. Les résultats du TONI-4 suggèrent que les participants avaient un quotient intellectuel dans la moyenne, de même, l'absence de score extrême nous permet d'être rassuré quant à la représentativité relative de l'échantillon. Quant à elle, l'analyse de l'IQSP a révélé que, de manière générale, les participants n'avaient pas de problématique de sommeil et qu'ils jugeaient leur qualité de sommeil comme étant généralement adéquate. Un manque de sommeil aurait pu nuire aux performances cognitives des participants (Goel et al., 2013; Kreutzmann et al., 2015) et les résultats des tâches cognitives auraient pu en être biaisés.

Internet

Les grands utilisateurs d'Internet, tel que déterminé par un score à l'IAT plus élevé, ne se sont pas démarqués quant à l'utilisation des stratégies de navigation par rapport aux faibles utilisateurs. Effectivement, les deux groupes utilisent la stratégie spatiale et réponse dans des proportions similaires, se rapprochant de celle attendue pour une population générale de cet âge (Bohbot et al., 2007; Iaria et al., 2003).

Bien que la performance d'aucun participant ne semble avoir été affectée par la présence d'un trouble de sommeil, les résultats montrent qu'il y a une différence entre les scores du IQSP entre les grands utilisateurs d'Internet et les faibles utilisateurs. Ce qui est en accord avec la littérature, montrant que les individus ayant une dépendance à Internet tendent à avoir également une moins bonne qualité de sommeil (Ekinci, Çelik, Savas, & Toros, 2014).

Une part importante des recherches s'intéressant à la dépendance à Internet étudie en particulier la dépendance aux jeux en ligne (ex. Cai et al., 2016; Jin et al., 2016, 2016; X. Lin et al., 2015; Liu et al., 2017; Yuan et al., 2017). En effet, la dépendance à Internet comporterait au moins trois sous-types (Block, 2007) et la dépendance aux jeux en ligne serait l'un des sous-types les plus répandus, représentant 57.5% des individus dépendants (Chen et al., 2015; Ko et al., 2009). Rappelons que les études révèlent une diminution du volume de l'hippocampe (X. Lin et al., 2015) ainsi que des altérations du circuit fronto-striatal attribuées à la dépendance, dont un plus grand volume du noyau caudé (Cai et al., 2016), une diminution de la connectivité fonctionnelle entre le pôle frontal et le striatum (Kühn & Gallinat, 2015) et une plus grande activité fonctionnelle du striatum (Liu et al., 2017). Il serait approprié de se demander si une part de ces changements ne pourrait pas être attribuée au fait de jouer à des jeux vidéo plutôt qu'au développement d'une dépendance à Internet. Des études ont révélé que les jeux vidéo d'action, dans certaines conditions, pouvaient diminuer la matière grise hippocampique et augmenter le volume ainsi que l'activité fonctionnelle au niveau du striatum (West et al., 2015, 2018). De plus, les résultats des études menées par West et ses collègues (2015, 2018) montrent qu'il y a une prédominance d'individus utilisant la stratégie réponse chez les joueurs habituels de jeux vidéo. De plus, il a également été montré qu'en réponse à des stimuli liés aux jeux vidéo, une plus grande activité fonctionnelle se manifestait dans le gyrus frontal inférieur gauche, dans le lobe pariétal, dans le gyrus para-hippocampique, dans le

thalamus ainsi que dans le cervelet droit (Han et al., 2011). À la lumière des études actuelles, il est difficile de savoir la part de changements cérébraux attribuable à la dépendance et celle attribuable à l'action de jouer. Effectivement, il est possible que les joueurs de jeux, sur Internet ou non, manifestent les changements observés et que cela ait peu à voir avec Internet. À l'inverse, il est concevable que les changements mesurés soient la manifestation de la dépendance, autant aux jeux vidéo qu'à Internet. Quoi qu'il en soit, dans l'étude actuelle, bien que les joueurs de jeux vidéo aient été acceptés dans le groupe de grands utilisateurs, la dépendance à Internet était étudiée dans sa globalité, sans distinction particulière pour les sous-types. Il est possible que cela explique en partie la disparité entre les résultats obtenus et la littérature existante.

Téléphones intelligents

Nous avons supposé que les grands utilisateurs de téléphones intelligents auraient des scores supérieurs au questionnaire d'utilisation et auraient recours à une stratégie de navigation de type réponse significativement plus souvent. Il est présentement impossible de confirmer cette hypothèse avec les données actuelles : une plus grande utilisation du téléphone intelligent n'est corrélée avec l'usage préférentiel d'aucune des deux stratégies.

Une dépendance aux téléphones intelligents est reconnue, selon la littérature, pour affecter plusieurs sphères de la vie (Roberts et al., 2015). Notamment, on lui a associé plus de stress, de l'anxiété, un niveau de dépression plus élevé et moins de bien-être (Harwood et al., 2014; Thomée et al., 2011). Les résultats de Wang et ses collègues (2016) ont montré une diminution du volume au niveau de structures impliquées dans le circuit de la récompense et une diminution de matière blanche hippocampique. Étant un sujet émergent, peu d'études se sont encore penchées sur l'effet d'une surutilisation du téléphone intelligent. Toutefois, la recherche tend à présenter un patron cérébral semblable à celui de la dépendance à Internet (Kühn & Gallinat, 2015; Liu et al., 2017; Wang et al., 2016; Yuan et al., 2017). Nos résultats montrent également une corrélation entre les deux questionnaires de dépendance. Le chevauchement de certains mécanismes cérébraux expliquerait possiblement le lien existant entre ces dépendances (Greenberg et al., 1999; Rozin & Stoess, 1993). De par sa conception initiale, le téléphone mobile était réservé à des fins de communication (messagerie, appel, etc.), c'est avec l'arrivée des téléphones intelligents que son utilisation a drastiquement changé

(Salehan & Negahban, 2013). En effet, de nos jours ce dernier est utilisé pour un large éventail d'activités, dont la navigation sur Internet (Billieux et al., 2015). D'ailleurs, cette dépendance partage plusieurs similitudes avec la dépendance à Internet, notamment le nombre d'heures passées en ligne (Vintilă, Tudorel, Goian, & Bărbat, 2018). Ce manque de spécificité solliciterait de plus amples recherches afin de déterminer ce qui est réellement impliqué dans la dépendance aux téléphones intelligents. L'aspect addictif peut lui être à la fois intrinsèque, provenant d'un besoin de constamment regarder l'écran, d'attendre la prochaine notification (Samaha & Hawi, 2016) et extrinsèque, donc des possibilités qu'il octroie (c.-à-d. la navigation sur Internet, les courriels, les jeux de hasard, etc.). D'ailleurs cette idée semble partagée par d'autres chercheurs (Lopez-Fernandez, Kuss, Griffiths, & Billieux, 2015; Sfindla et al., 2018). Par égard aux résultats actuels et à l'état limité des connaissances sur le sujet, il semble qu'il soit impossible de soutenir une hypothèse directionnelle reliant le téléphone intelligent aux stratégies de navigation.

GPS

Finalelement, nous supposons que les individus basant davantage leur navigation sur le GPS auraient recours significativement plus souvent à la stratégie réponse lorsque comparé aux individus l'utilisant moins régulièrement. Encore une fois, les données de l'étude actuelle ne nous permettent pas de confirmer cette hypothèse. Le niveau d'utilisation et de dépendance au GPS n'est pas corrélé à une utilisation plus grande de l'une ou l'autre des deux stratégies.

Dans leur article Hejtmánek et ses collègues (2018) discutent de la différence entre des jeunes conducteurs d'ambulances et des plus âgés. Ils rapportent que plusieurs des jeunes ambulanciers utilisant régulièrement le GPS ne sont pas capables de se repérer à travers la ville même après cinq ans de service, alors que les anciens utilisent à peine le dispositif. Cette anecdote soulève un aspect intéressant, d'abord la différence non négligeable entre les deux groupes comparés et deuxièmement, la durée d'utilisation. Dans la présente recherche, les groupes comparés sont constitués de jeunes adultes et bien qu'un des groupes soit considéré comme utilisant moins ou pas du tout le GPS, le niveau d'utilisation ainsi que la différence d'utilisation qui est faite entre les groupes ne sont probablement pas aussi marqués. Quant à la durée, il est difficile de déterminer quelle serait l'utilisation nécessaire pour qu'un changement soit observable. Dans l'anecdote il est question de conducteurs d'ambulances exposés

continuellement à la navigation, donc susceptibles d'utiliser le GPS sur une base continue, et d'une période minimale de cinq ans pour les jeunes (il serait justifié de présumer que la période est plus longue pour les plus âgés). Bien que celle-ci soit anecdotique, une recherche s'intéressant à l'effet direct de la navigation spatiale chez des conducteurs de taxi londoniens indique que la durée d'exposition aurait de l'importance. En effet, Maguire et ses collègues (2000) ont montré qu'il y avait une augmentation du volume hippocampique des conducteurs directement lié au temps passé en tant que conducteur de taxi. Les jeunes adultes de notre étude ne sont pas exposés de manière aussi intensive à la navigation, ils ne sont donc pas soumis à autant de situations où ils peuvent mettre en pratique une stratégie spatiale, pour ceux ayant moins recouru au GPS, ni à l'effet possible qu'aurait l'exposition au GPS. Ceci pourrait expliquer qu'il n'y ait pas eu de redistribution de matière grise dans les structures plus sollicitées. Ou autrement dit, que le comportement adopté dans la vie quotidienne par nos participants ne se manifeste pas dans la tâche comportementale que nous avons utilisée. Dans le même ordre d'idée.

Limitations

Bien qu'une attention ait été portée au niveau du quotient intellectuel non verbal et de la qualité du sommeil subjectif afin de s'assurer que les performances comportementales mesurées n'ont pas affectées par une perturbation du sommeil ou par un déficit au niveau des aptitudes ou du fonctionnement intellectuel général des participants, aucun contrôle n'a été fait pour la mémoire, connue pour être un corrélat cognitif pouvant influencer significativement les aptitudes de navigation (Hegarty, Montello, Richardson, Ishikawa, & Lovelace, 2006). Dans cette mesure, il est impossible de s'assurer que des problèmes de mémoire, bien que les participants soient relativement jeunes, n'aient pas affecté les résultats.

Le recrutement des participants a été fait à l'aide de l'IAT, utilisé afin de catégoriser les participants comme étant de grands ou de faibles utilisateurs d'Internet. Ce test est largement utilisé et bien que la méthodologie concernant la délimitation de ses catégories entre les niveaux d'utilisation soit critiquée, elle est considérablement documentée (Guertler et al., 2014; Khazaal et al., 2008). Nous nous sommes appuyés sur la corrélation existante entre les différentes dépendances (Greenberg et al., 1999; Rozin & Stoess, 1993) et nous avons présumé qu'un grand utilisateur d'Internet aurait des probabilités acceptables d'être également

un grand utilisateur des autres technologies mesurées. Cependant, il faut mentionner que les autres variables mesurées (c.-à-d. l'IADQ, la dépendance et la fréquence d'utilisation du GPS, la mesure de dépendance au téléphone intelligent) demeurent des variables continues. En effet, en l'absence de littérature nous permettant d'établir une délimitation claire entre les niveaux d'utilisation, il aurait été arbitraire de catégoriser les utilisateurs selon une catégorie. Donc, cela fait en sorte que contrairement à l'IAT, où seulement de grands et de faibles utilisateurs ont été recrutés, les scores à ces autres variables d'intérêts comptent plus de variabilité, puisqu'ils comprennent également les utilisateurs moyens : les individus y étant distribués selon un continuum plutôt que répartis en catégories distinctes. Cette diversité occasionne une dilution de l'effet que l'on tente de mesurer, surtout par égard à la taille de l'échantillon. Le mode de recrutement « indirect » peut donc être une piste d'explication possible justifiant l'absence de données significatives.

La taille actuelle de l'échantillon ne respecte pas le nombre de participants que suggérait l'analyse de puissance réalisée a priori (c.-à-d. 45 participants par groupe). En effet, en raison des difficultés de recrutement et de faisabilité, le nombre total de participants s'élevait à 38 individus, soit 25 grands utilisateurs et 13 faibles utilisateurs. Les participants recherchés pour cette étude devaient être âgés entre 18 et 30 ans. Toutefois, comme il a été mentionné, la technologie est un phénomène récent qui affecte particulièrement les nouvelles générations (Union Internationale des télécommunications, 2017). Bien que le questionnaire de recrutement ait été rempli par 285 candidats potentiels, il nous a été impossible de compléter le groupe de faibles utilisateurs. En prenant en compte la taille réelle des groupes, une analyse de puissance post-hoc, à taille d'effet égal (c.-à-d. 0,6), montre que la puissance de l'étude est présentement de 40%. En augmentant la taille de l'échantillon, il est probable de supposer que la puissance statistique aurait été augmentée et nous aurions alors eu plus de probabilités de détecter un effet, en partant du principe que ce dernier est présent dans la population dont est issu notre échantillon.

Les variables de regroupement, ayant des catégories délimitées par des frontières arbitraires, tendent à diminuer la puissance des analyses statistiques. Des régressions réalisées sur des variables continues permettent en principe d'atteindre une plus grande puissance statistique. Dans le cas actuel, l'utilisation de régressions logistiques binaires plutôt que

d'ANCOVA n'apportait aucun changement en égard aux résultats obtenus. Cependant, comme il a été discuté dans le paragraphe précédent, dans l'éventualité où une taille d'échantillon appropriée serait utilisée, il serait alors plus adéquat d'opter pour ce type de statistique, résultant possiblement en une plus grande puissance.

Conclusion

L'utilisation plus grande des éléments technologiques étudiés dans cette recherche ne semble pas pouvoir être mise en relation avec des changements quelconques au niveau des stratégies de navigation. Nous avons supposé que l'adoption de ces comportements de dépendance se traduirait par des altérités au niveau de l'utilisation des stratégies dues aux recouvrements des mécanismes les sous-tendant (Bohbot et al., 2013; Dahmani & Bohbot, 2015; Hejtmánek et al., 2018; Kühn & Gallinat, 2015; Liu et al., 2017; Stalnaker et al., 2015; Wang et al., 2016; Yuan et al., 2017), mais également en s'appuyant sur le concept d'*extended mind* (Clark & Chalmers, 1998). La technologie, à bien des égards, nous épargne de nombreux efforts cognitifs, elle pense pour nous, elle se souvient à notre place, elle nous aide même à retrouver notre chemin. Choisir de s'en remettre à la technologie implique, par la force des choses, d'utiliser moins souvent nos propres facultés cognitives. Une réduction de l'utilisation d'une structure cérébrale, comme l'hippocampe, peut entraîner une diminution de sa quantité de matière grise et de son volume, ce qui est relié à des déficits cognitifs et représente un facteur de risque pour le développement de démences (Bohbot et al., 2012; Lupien et al., 2007, 1998). Il est possible que l'exposition aux technologies n'ait pas un effet sur le court terme, surtout que dans la présente recherche, il est question d'une population jeune et sous clinique (c.-à-d. sans troubles de dépendance aux technologies).

Tel que le souligne Bergmark, Bergmark et Findahl (2011), il reste encore une distinction à faire entre surutilisation d'Internet et l'émergence d'un nouveau style de vie. Le progrès incessant des technologies et de l'informatique a amené les nouvelles générations à se transformer également au fil de ces changements. D'autres études seront nécessaires afin d'arriver à mieux comprendre l'enjeu que représentent les technologies pour les individus et également afin d'arriver à tracer un portrait mieux défini de la relation réelle existant entre les nouvelles générations et ces seconds « cerveaux numériques ».

Bibliographie

- Albouy, G., Sterpenich, V., Balteau, E., Vandewalle, G., Deseilles, M., Dang-Vu, T., ... Maquet, P. (2008). Both the Hippocampus and Striatum Are Involved in Consolidation of Motor Sequence Memory. *Neuron*, 58(2), 261-272. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.02.008>
- Albouy, G., Sterpenich, V., Vandewalle, G., Darsaud, A., Gais, S., Rauchs, G., ... Maquet, P. (2012). Neural correlates of performance variability during motor sequence acquisition. *NeuroImage*, 60(1), 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.049>
- Alvarez, P., Zola-Morgan, S., & Squire, L. R. (1995). Damage limited to the hippocampal region produces long-lasting memory impairment in monkeys. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 15(5 Pt 2), 3796-3807.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. Arlington, VA: American Psychiatric Association.
- Barr, N., Pennycook, G., Stolz, J. A., & Fugelsang, J. A. (2015). The brain in your pocket: Evidence that Smartphones are used to supplant thinking. *Computers in Human Behavior*, 48, 473-480. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.029>
- Bergmark, K. H., Bergmark, A., & Findahl, O. (2011). Extensive Internet Involvement—Addiction or Emerging Lifestyle? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(12), 4488-4501. <https://doi.org/10.3390/ijerph8124488>
- Billieux, J. (2012). Problematic use of the mobile phone: A literature review and a pathways model. *Current Psychiatry Reviews*, 8(4). <https://doi.org/10.2174/157340012803520522>
- Billieux, J., Maurage, P., Lopez-Fernandez, O., Kuss, D. J., & Griffiths, M. D. (2015). Can Disordered Mobile Phone Use Be Considered a Behavioral Addiction? An Update on Current Evidence and a Comprehensive Model for Future Research. *Current Addiction Reports*, 2(2), 156-162. <https://doi.org/10.1007/s40429-015-0054-y>
- Binder, S., Baier, P. C., Mölle, M., Inostroza, M., Born, J., & Marshall, L. (2012). Sleep enhances memory consolidation in the hippocampus-dependent object-place recognition task in rats. *Neurobiology of Learning and Memory*, 97(2), 213-219. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2011.12.004>

- Blais, F. C., Gendron, L., Mimeault, V., & Morin, C. M. (1997). Evaluation de l'insomnie: Validation de trois questionnaires. [Assessment of insomnia: Validation of three questionnaires.]. *L'Encéphale: Revue de psychiatrie clinique biologique et thérapeutique*, 23(6), 447-453.
- Block, J. J. (2007). Prevalence Underestimated in Problematic Internet Use Study. *CNS Spectrums*, 12(1), 14-15. <https://doi.org/10.1017/S1092852900020459>
- Bohbot, V. D., Balso, D., Conrad, K., Konishi, K., & Leyton, M. (2013). Caudate nucleus-dependent navigational strategies are associated with increased use of addictive drugs. *Hippocampus*, 23(11), 973-984. <https://doi.org/10.1002/hipo.22187>
- Bohbot, V. D., Lerch, J., Thorndyraft, B., Iaria, G., & Zijdenbos, A. P. (2007). Gray Matter Differences Correlate with Spontaneous Strategies in a Human Virtual Navigation Task. *Journal of Neuroscience*, 27(38), 10078-10083. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1763-07.2007>
- Bohbot, V. D., McKenzie, S., Konishi, K., Fouquet, C., Kurdi, V., Schachar, R., ... Robaey, P. (2012). Virtual navigation strategies from childhood to senescence: evidence for changes across the life span. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 4. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00028>
- Brown, L., Sherbenou, R. J., & Johnsen, S. K. (2010). *Test of nonverbal intelligence* ((4th ed.)). Austin, TX:PRO-ED.
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Cai, C., Yuan, K., Yin, J., Feng, D., Bi, Y., Li, Y., ... Tian, J. (2016). Striatum morphometry is associated with cognitive control deficits and symptom severity in internet gaming disorder. *Brain Imaging and Behavior*, 10(1), 12-20. <https://doi.org/10.1007/s11682-015-9358-8>
- Chang, H.-M., Wu, U.-I., & Lan, C.-T. (2009). Melatonin preserves longevity protein (sirtuin 1) expression in the hippocampus of total sleep-deprived rats. *Journal of Pineal Research*, 47(3), 211-220. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2009.00704.x>

- Chen, C.-Y., Huang, M.-F., Yen, J.-Y., Chen, C.-S., Liu, G.-C., Yen, C.-F., & Ko, C.-H. (2015). Brain correlates of response inhibition in Internet gaming disorder. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *69*(4), 201-209. <https://doi.org/10.1111/pcn.12224>
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The Extended Mind. *Analysis*, *58*(1), 7-19. <https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Curran, P. J., West, S. G., & Finch, J. F. (1996). The robustness of test statistics to nonnormality and specification error in confirmatory factor analysis. *Psychological Methods*, *1*(1), 16-29. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.1.16>
- Dahmani, L., & Bohbot, V. D. (2015). Dissociable contributions of the prefrontal cortex to hippocampus- and caudate nucleus-dependent virtual navigation strategies. *Neurobiology of Learning and Memory*, *117*, 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.07.002>
- Dawson, D., & Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*, *388*(6639), 235. <https://doi.org/10.1038/40775>
- Dinges, D. F. (1995). An overview of sleepiness and accidents. *Journal of Sleep Research*, *4*, 4-14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1995.tb00220.x>
- Doeller, C. F., King, J. A., & Burgess, N. (2008). Parallel striatal and hippocampal systems for landmarks and boundaries in spatial memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(15), 5915-5920. <https://doi.org/10.1073/pnas.0801489105>
- Dong, G., Lu, Q., Zhou, H., & Zhao, X. (2010). Impulse inhibition in people with Internet addiction disorder: Electrophysiological evidence from a Go/NoGo study. *Neuroscience Letters*, *485*(2), 138-142. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.002>
- Ekinci, Ö., Çelik, T., Savas, N., & Toros, F. (2014). Association Between Internet Use and Sleep Problems in Adolescents. *Nöro Psikiyatri Arşivi*, *51*(2), 122-128. <https://doi.org/10.4274/npa.y6751>
- Ersche, K. D., Barnes, A., Simon Jones, P., Morein-Zamir, S., Robbins, T. W., & Bullmore, E. T. (2011). Abnormal structure of frontostriatal brain systems is associated with aspects

- of impulsivity and compulsivity in cocaine dependence. *Brain*, 134(7), 2013-2024.
<https://doi.org/10.1093/brain/awr138>
- Etchamendy, N., Konishi, K., Pike, G. B., Marighetto, A., & Bohbot, V. D. (2012). Evidence for a virtual human analog of a rodent relational memory task: A study of aging and fMRI in young adults. *Hippocampus*, 22(4), 869-880.
<https://doi.org/10.1002/hipo.20948>
- Everitt, B. J., Belin, D., Economidou, D., Pelloux, Y., Dalley, J. W., & Robbins, T. W. (2008). Neural mechanisms underlying the vulnerability to develop compulsive drug-seeking habits and addiction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1507), 3125-3135. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0089>
- Everitt, B. J., & Robbins, T. W. (2005). Neural systems of reinforcement for drug addiction: from actions to habits to compulsion. *Nature Neuroscience*, 8(11), 1481-1489.
<https://doi.org/10.1038/nn1579>
- Goel, N., Basner, M., Rao, H., & Dinges, D. F. (2013). Circadian Rhythms, Sleep Deprivation, and Human Performance. In *Progress in Molecular Biology and Translational Science* (Vol. 119, p. 155-190). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396971-2.00007-5>
- Greenberg, J. L., Lewis, S. E., & Dodd, D. K. (1999). Overlapping addictions and self-esteem among college men and women. *Addictive Behaviors*, 24(4), 565-571.
[https://doi.org/10.1016/S0306-4603\(98\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S0306-4603(98)00080-X)
- Guan, Z., Peng, X., & Fang, J. (2004). Sleep deprivation impairs spatial memory and decreases extracellular signal-regulated kinase phosphorylation in the hippocampus. *Brain Research*, 1018(1), 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2004.05.032>
- Guertler, D., Rumpf, H.-J., Bischof, A., Kastirke, N., Petersen, K. U., John, U., & Meyer, C. (2014). Assessment of Problematic Internet Use by the Compulsive Internet Use Scale and the Internet Addiction Test: A Sample of Problematic and Pathological Gamblers. *European Addiction Research*, 20(2), 75-81. <https://doi.org/10.1159/000355076>
- Han, D. H., Bolo, N., Daniels, M. A., Arenella, L., Lyoo, I. K., & Renshaw, P. F. (2011). Brain activity and desire for internet video game play. *Comprehensive psychiatry*, 52(1), 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2010.04.004>
- Han, D. H., Kim, S. M., Lee, Y. S., & Renshaw, P. F. (2012). The effect of family therapy on the changes in the severity of on-line game play and brain activity in adolescents with

- on-line game addiction. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 202(2), 126-131.
<https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2012.02.011>
- Harwood, J., Dooley, J. J., Scott, A. J., & Joiner, R. (2014). Constantly connected – The effects of smart-devices on mental health. *Computers in Human Behavior*, 34, 267-272.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.02.006>
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151-176.
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>
- Hejtmánek, L., Oravcová, I., Motýl, J., Horáček, J., & Fajnerová, I. (2018). Spatial knowledge impairment after GPS guided navigation: Eye-tracking study in a virtual town. *International Journal of Human-Computer Studies*, 116, 15-24.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.04.006>
- Hong, S.-B., Zalesky, A., Cocchi, L., Fornito, A., Choi, E.-J., Kim, H.-H., ... Yi, S.-H. (2013). Decreased Functional Brain Connectivity in Adolescents with Internet Addiction. *PLOS ONE*, 8(2), e57831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057831>
- Iaria, G., Petrides, M., Dagher, A., Pike, B., & Bohbot, V. D. (2003). Cognitive strategies dependent on the hippocampus and caudate nucleus in human navigation: variability and change with practice. *The Journal of Neuroscience*, 23(13), 5945-5952.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-13-05945.2003>
- Jin, C., Zhang, T., Cai, C., Bi, Y., Li, Y., Yu, D., ... Yuan, K. (2016). Abnormal prefrontal cortex resting state functional connectivity and severity of internet gaming disorder. *Brain Imaging and Behavior*, 10(3), 719-729. <https://doi.org/10.1007/s11682-015-9439-8>
- Khazaal, Y., Billieux, J., Thorens, G., Khan, R., Louati, Y., Scarlatti, E., ... Zullino, D. (2008). French Validation of the Internet Addiction Test. *CyberPsychology & Behavior*, 11(6), 703-706. <https://doi.org/10.1089/cpb.2007.0249>
- Ko, C.-H., Liu, G.-C., Hsiao, S., Yen, J.-Y., Yang, M.-J., Lin, W.-C., ... Chen, C.-S. (2009). Brain activities associated with gaming urge of online gaming addiction. *Journal of Psychiatric Research*, 43(7), 739-747. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2008.09.012>

- Ko, C.-H., Liu, G.-C., Yen, J.-Y., Chen, C.-Y., Yen, C.-F., & Chen, C.-S. (2013). Brain correlates of craving for online gaming under cue exposure in subjects with Internet gaming addiction and in remitted subjects. *Addiction Biology*, *18*(3), 559-569. <https://doi.org/10.1111/j.1369-1600.2011.00405.x>
- Ko, C.-H., Yen, J.-Y., Yen, C.-F., Chen, C.-S., & Chen, C.-C. (2012). The association between Internet addiction and psychiatric disorder: A review of the literature. *European Psychiatry*, *27*(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2010.04.011>
- Kober, H., Mende-Siedlecki, P., Kross, E. F., Weber, J., Mischel, W., Hart, C. L., & Ochsner, K. N. (2010). Prefrontal–striatal pathway underlies cognitive regulation of craving. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*(33), 14811-14816. <https://doi.org/10.1073/pnas.1007779107>
- Konishi, K., Etchamendy, N., Roy, S., Marighetto, A., Rajah, N., & Bohbot, V. D. (2013). Decreased functional magnetic resonance imaging activity in the hippocampus in favor of the caudate nucleus in older adults tested in a virtual navigation task: Navigational Strategies in Healthy Aging. *Hippocampus*, *23*(11), 1005-1014. <https://doi.org/10.1002/hipo.22181>
- Konishi, K., Kurdi, V., Dahmani, L., Sham, R., Anderson, N., Bherer, L., & Bohbot, V. D. (2011). A spatial memory intervention program increases grey matter in the hippocampus and neocortex. *The Gerontologist*, *42*(Special Issue I), 1-418. https://doi.org/10.1093/geront/42.Special_Issue_I.1
- Kreutzmann, J. C., Havekes, R., Abel, T., & Meerlo, P. (2015). Sleep deprivation and hippocampal vulnerability: changes in neuronal plasticity, neurogenesis and cognitive function. *Neuroscience*, *309*, 173-190. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.04.053>
- Kühn, S., & Gallinat, J. (2015). Brains online: structural and functional correlates of habitual Internet use. *Addiction Biology*, *20*(2), 415-422. <https://doi.org/10.1111/adb.12128>
- Lee, A. S., Duman, R. S., & Pittenger, C. (2008). A double dissociation revealing bidirectional competition between striatum and hippocampus during learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(44), 17163-17168. <https://doi.org/10.1073/pnas.0807749105>

- Lerch, J. P., Yiu, A. P., Martinez-Canabal, A., Pekar, T., Bohbot, V. D., Frankland, P. W., ... Sled, J. G. (2011). Maze training in mice induces MRI-detectable brain shape changes specific to the type of learning. *NeuroImage*, *54*(3), 2086-2095. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.09.086>
- Lin, S., Calcott, R., Germann, J., Konishi, K., Bohbot, V. D., & Lerch, J. (2012). *Decreased use of hippocampus-dependent spatial strategy in favor of caudate nucleus-dependent response strategy from childhood to adolescence*. Abstracts présenté à Society for Neuroscience 2012, New Orleans, LA.
- Lin, X., Dong, G., Wang, Q., & Du, X. (2015). Abnormal gray matter and white matter volume in 'Internet gaming addicts'. *Addictive Behaviors*, *40*, 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2014.09.010>
- Liu, L., Yip, S. W., Zhang, J.-T., Wang, L.-J., Shen, Z.-J., Liu, B., ... Fang, X.-Y. (2017). Activation of the ventral and dorsal striatum during cue reactivity in Internet gaming disorder. *Addiction Biology*, *22*(3), 791-801. <https://doi.org/10.1111/adb.12338>
- Lopez-Fernandez, O., Kuss, D. J., Griffiths, M. D., & Billieux, J. (2015). The Conceptualization and Assessment of Problematic Mobile Phone Use. *Encyclopedia of Mobile Phone Behavior*, 591-606. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8239-9.ch050>
- Lu, M. T., Preston, J. B., & Strick, P. L. (1994). Interconnections between the prefrontal cortex and the premotor areas in the frontal lobe. *The Journal of Comparative Neurology*, *341*(3), 375-392. <https://doi.org/10.1002/cne.903410308>
- Lupien, S., Evans, A., Lord, C., Miles, J., Pruessner, M., Pike, B., & Pruessner, J. C. (2007). Hippocampal volume is as variable in young as in older adults: Implications for the notion of hippocampal atrophy in humans. *NeuroImage*, *34*(2), 479-485. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.09.041>
- Lupien, S., Leon, M. de, Santi, S. de, Convit, A., Tarshish, C., Nair, N. P. V., ... Meaney, M. J. (1998). Cortisol levels during human aging predict hippocampal atrophy and memory deficits. *Nature Neuroscience*, *1*(1), 69-73. <https://doi.org/10.1038/271>
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *97*(8), 4398-4403.

- McDonald, R. J., & White, N. M. (1993). A triple dissociation of memory systems: hippocampus, amygdala, and dorsal striatum. *Behavioral Neuroscience*, *107*(1), 3-22.
- McKinlay, R. (2016). Technology: Use or lose our navigation skills. *Nature*, *531*(7596), 573-575. <https://doi.org/10.1038/531573a>
- Morioka, H., Itani, O., Osaki, Y., Higuchi, S., Jike, M., Kaneita, Y., ... Ohida, T. (2016). The association between alcohol use and problematic internet use: A large-scale nationwide cross-sectional study of adolescents in Japan. *Journal of Epidemiology*, *27*(3), 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.je.2016.10.004>
- Münzer, S., Zimmer, H. D., & Baus, J. (2012). Navigation assistance: A trade-off between wayfinding support and configural learning support. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *18*(1), 18-37. <https://doi.org/10.1037/a0026553>
- Noordzij, M. L., Zuidhoek, S., & Postma, A. (2006). The influence of visual experience on the ability to form spatial mental models based on route and survey descriptions. *Cognition*, *100*(2), 321-342. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.05.006>
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford : New York: Clarendon Press ; Oxford University Press.
- Packard, M. G., Hirsh, R., & White, N. M. (1989). Differential effects of fornix and caudate nucleus lesions on two radial maze tasks: evidence for multiple memory systems. *Journal of Neuroscience*, *9*(5), 1465-1472. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.09-05-01465.1989>
- Packard, Mark G., & McGaugh, J. L. (1992). Double dissociation of fornix and caudate nucleus lesions on acquisition of two water maze tasks: Further evidence for multiple memory systems. *Behavioral Neuroscience*, *106*(3), 439-446. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.106.3.439>
- Packard, Mark G., & McGaugh, J. L. (1996). Inactivation of Hippocampus or Caudate Nucleus with Lidocaine Differentially Affects Expression of Place and Response Learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, *65*(1), 65-72. <https://doi.org/10.1006/nlme.1996.0007>
- Prince, T.-M., Wimmer, M., Choi, J., Havekes, R., Aton, S., & Abel, T. (2014). Sleep deprivation during a specific 3-hour time window post-training impairs hippocampal

- synaptic plasticity and memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 109, 122-130.
<https://doi.org/10.1016/j.nlm.2013.11.021>
- Ritter, N., Kilinc, E., Navruz, B., & Bae, Y. (2011). Test Review. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29(5), 484-488.
<https://doi.org/10.1177/0734282911400400>
- Roberts, J. A., Pullig, C., & Manolis, C. (2015). I need my smartphone: A hierarchical model of personality and cell-phone addiction. *Personality and Individual Differences*, 79, 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.01.049>
- Roehrs, T., Merlotti, L., Petrucelli, N., Stepanski, E., & Roth, T. (1994). Experimental sleep fragmentation. *Sleep*, 17(5), 438-443.
- Roehrs, T., Timms, V., Zwyghuizen-Doorenbos, A., & Roth, T. (1989). Sleep extension in sleepy and alert normals. *Sleep*, 12(5), 449-457.
- Rozin, P., & Stoess, C. (1993). Is there a general tendency to become addicted? *Addictive Behaviors*, 18(1), 81-87. [https://doi.org/10.1016/0306-4603\(93\)90011-W](https://doi.org/10.1016/0306-4603(93)90011-W)
- Ruddle, R. A., Payne, S. J., & Jones, D. M. (1997). Navigating buildings in « desk-top » virtual environments: Experimental investigations using extended navigational experience. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3(2), 143-159.
<https://doi.org/10.1037/1076-898X.3.2.143>
- Salehan, M., & Negahban, A. (2013). Social networking on smartphones: When mobile phones become addictive. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2632-2639.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.003>
- Samaha, M., & Hawi, N. S. (2016). Relationships among smartphone addiction, stress, academic performance, and satisfaction with life. *Computers in Human Behavior*, 57, 321-325. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.045>
- Sfendla, A., Laita, M., Nejjar, B., Souirti, Z., Touhami, A. A. O., & Senhaji, M. (2018). Reliability of the Arabic Smartphone Addiction Scale and Smartphone Addiction Scale-Short Version in Two Different Moroccan Samples. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 21(5), 325-332. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0411>
- Shapiro, M. (2015). A Limited Positioning System for Memory. *Hippocampus*, 25(6), 690-696. <https://doi.org/10.1002/hipo.22448>

- Shelton, A. L., & McNamara, T. P. (2004). Orientation and Perspective Dependence in Route and Survey Learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(1), 158-170. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.1.158>
- Shohamy, D., & Wagner, A. D. (2008). Integrating Memories in the Human Brain: Hippocampal-Midbrain Encoding of Overlapping Events. *Neuron*, 60(2), 378-389. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.09.023>
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. *Advances in Child Development and Behavior*, 10, 9-55.
- Stalnaker, T. A., Cooch, N. K., & Schoenbaum, G. (2015). What the orbitofrontal cortex does not do. *Nature neuroscience*, 18(5), 620-627. <https://doi.org/10.1038/nn.3982>
- Tartar, J. L., Ward, C. P., McKenna, J. T., Thakkar, M., Arrigoni, E., McCarley, R. W., ... Strecker, R. E. (2006). Hippocampal synaptic plasticity and spatial learning are impaired in a rat model of sleep fragmentation. *European Journal of Neuroscience*, 23(10), 2739-2748. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.04808.x>
- Taylor, H. A., Brunyé, T. T., & Taylor, S. T. (2008). Spatial Mental Representation: Implications for Navigation System Design. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 4(1), 1-40. <https://doi.org/10.1518/155723408X342835>
- Thomé, S., Härenstam, A., & Hagberg, M. (2011). Mobile phone use and stress, sleep disturbances, and symptoms of depression among young adults - a prospective cohort study. *BMC Public Health*, 11(1), 66. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-66>
- Thorndyke, P. W., & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, 14(4), 560-589. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(82\)90019-6](https://doi.org/10.1016/0010-0285(82)90019-6)
- Union Internationale des télécommunications. (2014). Core indicators on acces to and use of ICT by households and individuals. Consulté à l'adresse <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- Union Internationale des télécommunications. (2018). Mobile-cellular subscriptions. Consulté à l'adresse <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- Union Internationale des télécommunications. (2017). ICT facts and figures. Consulté à l'adresse <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx>

- Union Internationale des télécommunications. (2018). Time series of ICT data for the world, by geographic regions and by level of development, for the following indicators. Consulté à l'adresse <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- van Holst, R. J., van den Brink, W., Veltman, D. J., & Goudriaan, A. E. (2010). Brain Imaging Studies in Pathological Gambling. *Current Psychiatry Reports*, *12*(5), 418-425. <https://doi.org/10.1007/s11920-010-0141-7>
- Vintilă, M., Tudorel, O. I., Goian, C., & Bărbat, C. (2018). Determining the structure of smartphone addiction scale: A bifactor model analysis. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-018-0035-0>
- Voermans, N. C., Petersson, K. M., Daudey, L., Weber, B., van Spaendonck, K. P., Kremer, H. P. H., & Fernández, G. (2004). Interaction between the Human Hippocampus and the Caudate Nucleus during Route Recognition. *Neuron*, *43*(3), 427-435. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.07.009>
- Volkow, N. D., Fowler, J. S., Wang, G. J., Baler, R., & Telang, F. (2009). Imaging dopamine's role in drug abuse and addiction. *Neuropharmacology*, *56*, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2008.05.022>
- Volkow, N. D., Fowler, J. S., Wang, G.-J., Swanson, J. M., & Telang, F. (2007). Dopamine in Drug Abuse and Addiction: Results of Imaging Studies and Treatment Implications. *Archives of Neurology*, *64*(11), 1575. <https://doi.org/10.1001/archneur.64.11.1575>
- Volkow, N. D., Wang, G.-J., Tomasi, D., & Baler, R. D. (2013). Unbalanced neuronal circuits in addiction. *Current Opinion in Neurobiology*, *23*(4), 639-648. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2013.01.002>
- Walker, M. P. (2008). Cognitive consequences of sleep and sleep loss. *Sleep Medicine*, *9 Suppl 1*, S29-34. [https://doi.org/10.1016/S1389-9457\(08\)70014-5](https://doi.org/10.1016/S1389-9457(08)70014-5)
- Wang, Y., Zou, Z., Song, H., Xu, X., Wang, H., d'Oleire Uquillas, F., & Huang, X. (2016). Altered Gray Matter Volume and White Matter Integrity in College Students with Mobile Phone Dependence. *Frontiers in Psychology*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00597>
- Ward, C. P., McCarley, R. W., & Strecker, R. E. (2009). Experimental sleep fragmentation impairs spatial reference but not working memory in Fischer/Brown Norway rats.

- Journal of Sleep Research*, 18(2), 238-244. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2008.00714.x>
- West, G. L., Drisdelle, B. L., Konishi, K., Jackson, J., Jolicoeur, P., & Bohbot, V. D. (2015). Habitual action video game playing is associated with caudate nucleus-dependent navigational strategies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1808), 20142952-20142952. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2952>
- West, G. L., Konishi, K., Diarra, M., Benady-Chorney, J., Drisdelle, B. L., Dahmani, L., ... Bohbot, V. D. (2018). Impact of video games on plasticity of the hippocampus. *Molecular Psychiatry*, 23(7), 1566-1574. <https://doi.org/10.1038/mp.2017.155>
- Widyanto, L., & McMurrin, M. (2004). The Psychometric Properties of the Internet Addiction Test. *CyberPsychology & Behavior*, 7(4), 443-450. <https://doi.org/10.1089/cpb.2004.7.443>
- Young, K. S. (1998a). *Caught in the Net: How To Recognize the Signs of Internet Addiction--and a Winning Strategy for Recovery*. John Wiley & Sons, Inc.
- Young, K. S. (1998b). Internet Addiction: The Emergence of a New Clinical Disorder. *CyberPsychology & Behavior*, 1(3), 237-244. <https://doi.org/10.1089/cpb.1998.1.237>
- Young, K. S., & Rogers, R. C. (1998). The Relationship Between Depression and Internet Addiction. *CyberPsychology & Behavior*, 1(1), 25-28. <https://doi.org/10.1089/cpb.1998.1.25>
- Yuan, K., Yu, D., Cai, C., Feng, D., Li, Y., Bi, Y., ... Tian, J. (2017). Frontostriatal circuits, resting state functional connectivity and cognitive control in internet gaming disorder. *Addiction Biology*, 22(3), 813-822. <https://doi.org/10.1111/adb.12348>
- Zhang, H., Zherdeva, K., & Ekstrom, A. D. (2014). Different « routes » to a cognitive map: dissociable forms of spatial knowledge derived from route and cartographic map learning. *Memory & Cognition*, 42(7), 1106-1117. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0418-x>
- Zhou, Z., Yuan, G., & Yao, J. (2012). Cognitive Biases toward Internet Game-Related Pictures and Executive Deficits in Individuals with an Internet Game Addiction. *PLOS ONE*, 7(11), e48961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048961>

Annexes

Annexe I : Formulaire de consentement



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

« La technologie et le système de mémoire hippocampique »

Chercheuse étudiante : Carol-Ann Blanchette, étudiante à la maîtrise, Département de psychologie, Université de Montréal

Directeur de recherche : Gregory L. West, professeur agrégé, Département de psychologie, Université de Montréal

Vous êtes invité à participer à un projet de recherche. Avant d'accepter, veuillez prendre le temps de lire ce document présentant les conditions de participation au projet. N'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la personne qui vous présente ce document.

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1. Objectifs de la recherche

Ce projet vise à mieux comprendre l'influence des technologies (téléphones intelligents, Internet, GPS, etc.) sur le système de mémoire hippocampique. Pour ce faire, nous comptons recueillir les données d'une cinquantaine d'adultes.

2. Participation à la recherche

Votre participation consiste en une séance en laboratoire en présence de l'assistant de recherche. Il vous sera demandé de naviguer à travers un environnement virtuel. Il vous sera également demandé de répondre à un questionnaire et d'effectuer une tâche non verbale. Une partie de l'entrevue sera enregistrée, avec votre autorisation, sur support audio afin d'en faciliter ensuite la transcription. La séance devrait durer environ 2 heures. Le lieu et le moment seront déterminés, selon vos disponibilités.

3. Risques et inconvénients

Il n'y a pas de risque particulier à participer à ce projet. Votre attention complète et un effort soutenu sont cependant nécessaires. De plus, comme l'expérience comporte une tâche à l'ordinateur, il est possible de ressentir de la fatigue oculaire ou un léger inconfort. Vous pourrez à tout moment demander à l'assistant de prendre une pause afin de réduire cet inconfort.

4. Avantages et bénéfices

Il n'y a pas d'avantage particulier à participer à ce projet. Vous contribuerez cependant à une meilleure compréhension de l'impact de la technologie sur le système de mémoire hippocampique.

5. Confidentialité

Les renseignements personnels que vous nous donnerez demeureront confidentiels. Aucune information permettant de vous identifier d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. De plus, chaque participant à la recherche se verra attribuer un code et seuls la chercheuse et son équipe pourront connaître son identité. Les données seront conservées dans un lieu sûr. Les enregistrements seront transcrits et seront détruits, ainsi que toutes les informations personnelles, 7 ans après la fin du projet. Seules les données ne permettant pas de vous identifier seront conservées après cette période.

6. Compensation

Pour vous remercier de votre participation, 40 \$ vous seront remis à la fin de l'expérience.

7. Droit de retrait

Votre participation à ce projet est entièrement volontaire et vous pouvez à tout moment vous retirer de la recherche sur simple avis verbal et sans devoir justifier votre décision, sans conséquence pour vous. Si vous décidez de vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec la chercheuse au numéro de téléphone/courriel indiqué ci-dessous. À votre demande, tous les renseignements qui vous concernent pourront aussi être détruits. Cependant, après le déclenchement du processus de publication, il sera impossible de détruire les analyses et les résultats portant sur vos données.

B) CONSENTEMENT

Déclaration du participant

- Je comprends que je peux prendre mon temps pour réfléchir avant de donner mon accord ou non à participer à la recherche.
- Je peux poser des questions à l'équipe de recherche et exiger des réponses satisfaisantes.
- Je comprends qu'en participant à ce projet de recherche, je ne renonce à aucun de mes droits ni ne dégage les chercheurs de leurs responsabilités.
- J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et j'accepte de participer au projet de recherche.

Signature du participant : _____ Date : _____

Nom : _____ Prénom : _____

J'accepte qu'on me recontacte pour m'offrir de participer à une future étude du même laboratoire. Vous serez retiré de cette liste de contact après 6 mois d'inactivité ou à votre demande. Oui Non

Engagement du chercheur

J'ai expliqué au participant les conditions de participation au projet de recherche. J'ai répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées et je me suis assurée de la compréhension du participant. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement.

Signature de la chercheuse : _____ Date : _____
(ou de son représentant)

Nom : _____ Prénom : _____

Pour toute question relative à l'étude, ou pour vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec Caroll-Ann Blanchette au numéro de téléphone Information censurée ou à l'adresse courriel caroll-ann.blanchette-bisson@umontreal.ca

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités des chercheurs concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le Comité d'éthique de la recherche en arts et en sciences par courriel à l'adresse ceras@umontreal.ca ou par téléphone au 514 343-7338 ou encore consulter le site Web <http://recherche.umontreal.ca/participants>.

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal en appelant au numéro de téléphone 514 343-2100 ou en communiquant par courriel à l'adresse ombudsman@umontreal.ca (**l'ombudsman accepte les appels à frais virés**).

Annexe II : Questionnaires

Participant:	#	Sexe:
Date de naissance:	___/___/___	Date de passation: ___/___/___
Projet:		Expérimentateur:

QUESTIONNAIRE

Section1

1. Au cours d'une semaine typique, combien de temps par jour passez-vous sur votre téléphone intelligent?
 Moins de 10 min. 1 à 2 heures
 10 à 30 min. 2 à 3 heures
 31 à 60 min. Plus de 3 heures
2. Depuis combien de temps utilisez-vous votre téléphone à ce rythme? ___ année(s) ___ mois
3. Avez-vous toujours fait cette utilisation de votre téléphone intelligent? Oui [allez à Q6]
Non [allez à Q4]
4. Combien de temps par jour utilisiez-vous votre téléphone intelligent auparavant? ___ heure(s) ___ minute(s)
5. Combien de temps avez-vous utilisé votre téléphone intelligent à ce rythme? ___ année(s) ___ mois
6. Depuis combien de temps êtes-vous actif sur les réseaux sociaux (ex. Facebook; Instagram; Twitter; Snapchat; LinkedIn, etc.)? ___ année(s) ___ mois
7. Au cours d'une semaine typique, combien de temps par jour passez-vous sur les réseaux sociaux?
 Moins de 10 min. 1 à 2 heures
 10 à 30 min. 2 à 3 heures
 31 à 60 min. Plus de 3 heures
8. Avez-vous toujours fréquenté les réseaux à ce rythme? Oui [allez à Q10]
Non [allez à Q9]
9. Combien de temps par jour visitiez-vous les réseaux sociaux auparavant? ___ heure(s) ___ minute(s).
10. Combien de temps par jours passez-vous à naviguer sur Internet? ___ heure(s) ___ minute(s).
11. Pendant combien d'année avez-vous utilisé Internet à ce rythme? ___ année(s)
12. Avez-vous toujours utilisé Internet à ce rythme? Oui [allez à la section 2]
Non [allez à Q13]
13. Combien de temps par jour utilisiez-vous Internet auparavant? ___ heure(s) ___ minute(s).

Section 2

Veillez répondre aux questions suivantes en encerclant la réponse appropriée pour chaque énoncé.

	1	2	3	4	5
	Complètement en désaccord	Plutôt en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en accord	Complètement d'accord
1. Les réseaux sociaux font partie de mes activités quotidiennes.	1	2	3	4	5
2. Je me sens déconnecté(e) lorsque je n'ai pas consulté mon réseau social favori pendant un moment.	1	2	3	4	5
3. J'estime qu'il est important pour moi d'avoir accès à Internet à n'importe quel moment.	1	2	3	4	5
4. Je deviens anxieux(euse) lorsque je n'ai pas accès à Internet.	1	2	3	4	5
5. J'estime que je suis plus accomplie grâce à la technologie.	1	2	3	4	5
6. Je suis dépendent(e) de la technologie.	1	2	3	4	5
7. Je deviens anxieux(euse) quand je n'ai pas mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
8. À cause de l'utilisation de mon téléphone intelligent, j'ai de la difficulté à me concentrer en classe, lorsque je fais mes tâches ou lorsque je travaille.	1	2	3	4	5
9. Je me sens fatigué(e) et je manque de sommeil à cause de l'usage excessif de mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
10. Je me sens calme ou confortable pendant que j'utilise mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
11. Je me sens bien ou excité(e) lorsque j'utilise mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
12. L'utilisation de mon téléphone intelligent me permet de moduler mon stress.	1	2	3	4	5
13. Il n'y a rien de plus plaisant que d'utiliser mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
14. Ma vie serait vide sans mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
15. Je me sens plus libre lorsque j'ai mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
16. Je pense que je devrais diminuer le temps que je passe sur mon téléphone.	1	2	3	4	5
17. Je ne pourrais pas rester sans avoir un téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
18. Je me sens impatient(e) et inquiet(te) lorsque je n'ai pas mon téléphone Intelligent.	1	2	3	4	5
19. Je suis préoccupé(e) par mon téléphone intelligent même lorsque je ne l'utilise pas.	1	2	3	4	5
20. Je ne renoncerais jamais à utiliser mon téléphone intelligent, même si ma vie quotidienne en était affectée.	1	2	3	4	5

Veillez répondre aux questions suivantes en encerclant la réponse appropriée pour chaque énoncé.

	1	2	3	4	5
	Complètement en désaccord	Plutôt en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en accord	Complètement d'accord
21. Je deviens irrité(e) lorsqu'on me dérange pendant que j'utilise mon téléphone intelligent.	1	2	3	4	5
22. J'apporte mon téléphone intelligent aux toilettes même lorsque je suis pressé(e) d'y arriver.	1	2	3	4	5
23. Je vérifie constamment mon téléphone intelligent afin de ne rien manquer des échanges sur les réseaux sociaux (ex. Facebook, Instagram; Snapchat; LinkedIn, etc.).	1	2	3	4	5
24. Dès que je me réveille, je vérifie ce que j'ai manqué sur les réseaux sociaux (ex. Facebook, Instagram; Snapchat; LinkedIn, etc.).	1	2	3	4	5
25. Je ressens l'envie d'utiliser mon téléphone intelligent dès que j'arrête de l'utiliser.	1	2	3	4	5

Veillez répondre aux questions suivantes en cochant la réponse appropriée pour chaque énoncé.

	Oui	Non
1. Vous sentez-vous préoccupé(e) par Internet (pensez à votre précédente activité en ligne ou anticipez la prochaine session en ligne)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ressentez-vous la nécessité d'augmenter le temps passé sur Internet afin d'être satisfait?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Avez-vous tenté à plusieurs reprises, et ce de manière infructueuse, de contrôler, réduire ou arrêter d'utiliser Internet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Vous sentez-vous agité(e), humilié(e), déprimé(e) ou irritable lorsque vous essayez de réduire ou d'arrêter d'utiliser Internet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Demeurez-vous en ligne plus longtemps que ce que vous aviez prévu au départ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Avez-vous compromis ou risqué de perdre une relation significative, un emploi, votre scolarité ou une opportunité de carrière à cause d'Internet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Avez-vous menti à des membres de votre famille, à un thérapeute ou à d'autres personnes afin de dissimuler l'étendue de votre utilisation d'Internet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Utilisez-vous Internet pour échapper à des problèmes ou pour soulager une humeur dysphorique (ex., sentiment d'impuissance, de culpabilité, d'anxiété, de dépression)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si vous n'avez jamais utilisé de système de positionnement mondial (GPS) régulièrement, ne répondez qu'aux questions #16, 18 et 21 de cette section.

1. Utilisez-vous un GPS présentement ? Oui [allez à Q3] Non [allez à Q2]
2. Avez-vous déjà utilisé un GPS? Oui [allez à Q6] Non [ne répondez qu'aux questions #16, 18 et 21 de cette section]
3. Lors d'une semaine typique, combien de fois utilisez-vous un GPS? _____
4. Depuis combien de temps utilisez-vous un GPS à ce rythme? ____ année(s) ____ mois
5. Avez-vous toujours utilisé un GPS à ce rythme? Oui [allez à Q8] Non [allez à Q6]
6. Combien de temps, lors d'une semaine typique, utilisiez-vous un GPS auparavant? ____ heure(s) ____ minute(s)
7. Combien de temps avez-vous utilisé un GPS à ce rythme? ____ année(s) ____ mois
8. Quel type de GPS utilisez-vous?
 - GPS intégré dans votre voiture
 - GPS sur le cellulaire
 - GPS sur un ordinateur portable
 - Autre
 - GPS portable
9. Choisissez l'énoncé qui décrit le mieux l'utilisation du GPS:

J'utilise seulement un GPS sur mon téléphone Intelligent.	J'utilise un GPS principalement sur mon téléphone intelligent et quelques fois sur d'autres dispositifs	J'utilise autant un GPS sur mon téléphone intelligent que sur d'autres dispositifs (ex., Built-in Car GPS; Laptop)	J'utilise un GPS principalement sur d'autres dispositifs et quelques fois sur mon téléphone intelligent	J'utilise un GPS seulement sur d'autres dispositifs et jamais sur mon téléphone intelligent

10. Lorsque vous utilisez un téléphone intelligent pour naviguer à l'aide d'une application, à quelle fréquence regardez-vous la carte? Veuillez encercler la meilleure réponse.

1 Jamais	2 1 fois	3 2 ou 3 fois	4 3 ou 4 fois	5 4 ou 5 fois	6 5 ou 6 fois	7 6 ou 7 fois	8 7 ou 8 fois	9 8 ou 9 fois	10 Tout le temps
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------------

- | 11. Quels paramètres/caractéristiques utilisez-vous? | Oui | Non |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Directives audibles (« text-to-speech ») | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Texte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vue à la première personne | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Affichage: Nord en haut (« North-up map ») | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Affichage: Direction vers le haut (« Head-up map ») | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Technologie Bluetooth | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Information sur le trafic en temps réel | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Information sur la météo en temps réel | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Révision automatique d'itinéraire (si vous prenez une mauvaise direction) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trouver la destination cible la plus proche (ex: station d'essence la plus proche de votre position actuelle) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Information sur les points cardinaux (ex: « vous vous dirigez vers le nord ») | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
13. Quelle marque/modèle utilisez-vous? _____
14. Pour quelle raison avez-vous décidé d'obtenir un GPS? _____

15. À quelle fin utilisez-vous principalement un GPS actuellement? _____

16. Est-ce que votre emploi vous oblige à vous rendre à différents endroits fréquemment? Si oui, votre employeur vous a-t-il fourni un GPS? _____
17. Utilisez-vous votre GPS pour planifier un itinéraire à l'avance ou l'utilisez-vous « sur le go »? _____
18. Lors d'une semaine typique, pendant combien d'heures vous déplacez-vous? _____
19. Parmi elles, durant combien d'heures vous déplacez-vous tout en utilisant un GPS?

20. Utilisez-vous un GPS quand:

	Oui	Non
Vous vous déplacez pour aller au travail ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous vous déplacez pour aller à l'école?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous vous déplacez pour aller au magasin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous vous déplacez pour aller chez un proche?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous vous déplacez pour aller chez un ami?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous faites une sortie (ex: au restaurant)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous vous déplacez pour aller à des rendez-vous (ex: chez le docteur, chez le coiffeur)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous voyagez hors de la ville?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre: _____		

21. Durant le dernier mois, combien de fois vous êtes-vous déplacé vers une nouvelle destination? _____

22. Parmi elles, combien de fois avez-vous utilisé un GPS pour vous rendre à destination?

23. Utilisez-vous un GPS pour:

	Oui	Non
Vous rendre à une destination en voiture?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous rendre à une destination à pied?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous rendre à une destination en bicyclette?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Veillez répondre aux questions suivantes en cochant la case appropriée pour chaque action:

	Jamais	Parfois	Souvent	Très souvent	Toujours
1. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS quand vous vous déplacez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS pour voyager sur une nouvelle route vers une destination que vous n'avez jamais visitée ? Par exemple, vous devez rencontrer des amis à un nouveau restaurant, et vous y voyagez pour la première fois. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS dans une telle situation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS pour voyager sur une nouvelle route vers une destination que vous avez déjà visitée ? Par exemple, vous avez l'habitude de partir de la maison pour vous rendre chez le médecin. Cette fois-ci, votre rendez-vous est après le travail. Donc, vous devez voyager sur une nouvelle route vers une destination que vous avez déjà visitée. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS dans une telle situation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS pour voyager sur des routes qui vous sont familières vers des destinations que vous avez déjà visitées ? Par exemple, vous avez l'habitude de partir de la maison pour visiter votre famille. Vous prenez la même route que d'habitude. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS dans une telle situation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. À quelle fréquence essayez-vous de trouver de nouvelles routes, sans utiliser de GPS, vers une destination que vous avez déjà visitée ? Par exemple, vous avez l'habitude de voyager sur la même route pour vous rendre chez un ami. Cette fois-ci, vous prenez une route différente. À quelle fréquence voyagez-vous sur de nouvelles routes vers des destinations que vous avez déjà visitées?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS pour voyager vers une destination à l'extérieur de la ville où vous habitez? Par exemple, si vous voyagez de Montréal à Toronto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Quand vous explorez une ville qui se trouve à l'extérieur de là où vous habitez, à quelle fréquence utilisez-vous un GPS? Par exemple, vous vous trouvez à New York. À quelle fréquence utilisez-vous un GPS pour explorer la ville?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Section 5

Si vous utilisez un GPS, veuillez répondre aux questions suivantes en encerclant le chiffre 1, 2, 3, 4 ou 5.

	1	2	3	4	5
	Fortement en désaccord	Plutôt en désaccord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en accord	Fortement en accord
1. Je ressens de l'anxiété quand je me déplace sans GPS.	1	2	3	4	5
2. Je me perds facilement dans un nouvel environnement quand je n'utilise pas de GPS.	1	2	3	4	5
3. Je me souviens facilement d'une nouvelle route après l'avoir empruntée une fois avec un GPS.	1	2	3	4	5
4. Mon sens de l'orientation s'est empiré depuis que j'utilise un GPS.	1	2	3	4	5
5. Je ne fais pas attention aux points de repère quand j'utilise un GPS.	1	2	3	4	5
6. Je me sens à l'aise pour me déplacer vers des destinations qui ne me sont pas familières sans GPS.	1	2	3	4	5
7. Je préfère utiliser un GPS qu'observer une carte routière.	1	2	3	4	5
8. Après m'être déplacé vers une nouvelle destination à l'aide de mon GPS, j'ai des difficultés à me souvenir de ce que j'ai vu sur ma route.	1	2	3	4	5
9. Après avoir atteint une destination avec mon GPS, j'ai des difficultés à retrouver le chemin du retour sans utiliser le GPS de nouveau.	1	2	3	4	5
10. Je ne suis en mesure de trouver mon chemin qu'avec un GPS	1	2	3	4	5
11. Pendant que j'utilise mon GPS, je ne suis pas conscient(e) de mon emplacement dans la ville tout au long de mon déplacement jusqu'au moment où j'atteint ma destination.	1	2	3	4	5
12. Je me sens à l'aise pour me déplacer dans des environnements qui me sont familiers sans GPS.	1	2	3	4	5
13. J'utilise mon GPS afin de trouver des routes alternatives vers une destination qui m'est connue (ex: quand il a un barrage routier/de la construction).	1	2	3	4	5
14. Utiliser un GPS me permet d'en apprendre plus sur ma ville.	1	2	3	4	5
15. Je voyage à l'extérieur de la ville plus souvent grâce à mon GPS.	1	2	3	4	5

Annexe III : Rapport Verbal

RAPPORT VERBAL

Cette étape est TRÈS importante. Vous devez prendre en note **MOT POUR MOT** ce que le participant vous dit, et ne pas interpréter ce qu'il dit et l'écrire. Votre propre interprétation peut être incluse PAR LA SUITE, et cela pourrait également être fait par une autre personne pour évaluer la fiabilité inter-juges.

1. « *Comment avez-vous fait pour apprendre quelles allées emprunter et lesquelles éviter?* »

Laissez le participant répondre jusqu'à ce qu'il ait fini. Si le participant mentionne un ou des repères, allez plus loin : « *Lesquels?* » Si le participant ne mentionne qu'un seul repère: « *Est-ce le seul que vous avez utilisé?* »

« *Pouvez-vous me dire, étape par étape, qu'est-ce qui se passait dans votre tête alors que vous faisiez la tâche? Est-ce que vous pouvez me donner un exemple concret?* »

Si aucun repère n'est mentionné : « *Pouvez-vous être plus spécifique par rapport à la façon dont vous avez [numéroté] les allées? Où est-ce que votre [séquence] commençait?* »

« *Pouvez-vous me dire, étape par étape, qu'est-ce qui se passait dans votre tête alors que vous faisiez la tâche? Est-ce que vous pouvez me donner un exemple concret?* »

2. « Avez-vous utilisé cette tactique durant tous les essais, du début à la fin? »

Si le participant affirme qu'il a changé de méthode: « Comment l'avez-vous changée? À quel moment? »

3. « Est-ce que votre position de départ était toujours la même, ou est-ce qu'elle changeait? En d'autres mots, quand on commençait le jeu, avant que vous bougiez, est-ce que vous faisiez toujours face à la même allée, ou est-ce que ça changeait? »

4. Représentation: « Maintenant j'aimerais que vous dessiniez une vue du haut de la plateforme et de ses allées, ainsi que de tous les [repères] dont vous vous rappelez, en prenant bien soin de les placer dans leur position relative appropriée. »

Pour chacun des points de repère dessinés, demandez au participant d'écrire le nom du point de repère sur le dessin.

Si le participant dessine un point de repère qu'il n'a pas mentionné durant le rapport verbal, demandez-lui s'il a utilisé ce point de repère et, si oui, de quelle façon. (Notez que l'inverse ne s'applique pas: si le participant mentionne un point de repère durant le rapport verbal mais ne le dessine pas, NE LUI DEMANDEZ PAS de placer ce point de repère sur le dessin. Ceci augmenterait artificiellement le score de la représentation).