

HEC MONTRÉAL

Le danger de jouer
sur son téléphone en marchant:
Le cas de Pokémon Go

Par

Romain Pourchon

Mémoire par articles présenté en vue de l'obtention du grade de
maîtrise ès science en gestion
(M.Sc.)

Sous la direction de
Pierre-Majorique Léger et Sylvain Sénécal

Sciences de la gestion
Technologies de l'information

Août 2017

© Romain Pourchon, 2017

HEC MONTRÉAL

Comité d'éthique de la recherche

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

La présente atteste que le projet de recherche décrit ci-dessous a fait l'objet d'une évaluation en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains et qu'il satisfait aux exigences de notre politique en cette matière.

Projet # : 2017-2434

Titre du projet de recherche : L'impact d'un jeu de réalité augmentée sur la sécurité de la personne

Chercheur principal :
Pierre-Majorique Leger,
Professeur titulaire, Technologies de l'information - HEC Montréal

Cochercheurs :
Romain Pourchon,
François Courtemanche,
Elise Labonte-Lemoyne,
David Briegne

Date d'approbation du projet : 02 août 2016

Date d'entrée en vigueur du certificat : 02 août 2016

Date d'échéance du certificat : 1er août 2017



Maurice Lemelin
Président du CER de HEC Montréal

Sommaire

Ce mémoire par articles étudie l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant et aux conséquences qu'elle génère tant au point de vue comportemental, attentionnel et cognitif. De manière plus spécifique, cette étude présente l'analyse de l'effet de la cécité d'inattention générée par la réalisation de différentes activités sur un téléphone lorsque son utilisateur est en mouvement.

Pour étudier les effets de l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant, une étude en contexte réel a été effectuée avec 18 participants ayant accompli trois tâches distinctes sur un téléphone mobile. Chacun d'entre eux a utilisé la messagerie texte, joué à un jeu avec réalité augmentée et joué au même jeu sans réalité augmentée. Pour ces deux dernières conditions, nous avons choisi le même jeu, soit Pokémon Go, afin de comparer l'influence que peut avoir la technologie de la réalité augmentée.

L'analyse des données suggère que jouer en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant. De plus, jouer sur son téléphone en marchant réduit la conscience de l'utilisateur envers son environnement externe et ses dangers. La technologie de la réalité augmentée ne permet pas de réduire les comportements à risque des utilisateurs. Cependant, même si jouer en marchant reste dangereux, cette nouvelle technologie permet d'être plus conscient de son environnement externe. Le fait d'intégrer le monde réel directement dans le jeu virtuel via la caméra du téléphone permet en effet de mieux apercevoir les dangers environnants. Finalement, l'analyse des données électroencéphalographiques permet de conclure que la technologie de la réalité augmentée permet d'être plus attentif et vigilant.

Cette étude contribue à la recherche sur le domaine du multitâche et de l'utilisation du téléphone mobile en marchant. Elle permet en effet de comparer divers applications utilisées habituellement sur un téléphone mobile et essaye de comprendre l'influence que peut avoir une technologie comme celle de la réalité augmentée sur le comportement de l'utilisateur. D'un point de vue pratique, elle permet d'offrir des recommandations aux concepteurs et développeurs d'applications mobiles afin de développer des applications plus sécuritaires pour l'utilisateur et contribue aux divers débats publics.

Mots clés: multitâche, réalité augmentée, cécité d'inattention, expertise, contexte réel, Pokémon Go, EEG

Table des matières

Sommaire	3
Liste des figures et des tableaux	6
Remerciements	7
Avant-propos	8
I. Problématique et question de recherche	9
1. Mise en contexte de l'étude	9
2. Questions de recherche	11
3. Structure du mémoire.....	12
4. Objectifs de l'étude	12
5. Contributions potentielles au champ de recherche	12
6. Informations sur l'article 1.....	13
7. Résumé de l'article 1.....	13
8. Informations sur l'article 2.....	14
9. Résumé de l'article 2.....	14
II. Article 1	16
1. Introduction	16
2. Method.....	19
3. Preliminary results and analysis.....	21
4. Discussions and concluding comments.....	23
References	26
III. Article 2	27
1. Introduction	27
2. Revue de littérature	30
3. Méthode.....	38
4. Résultats.....	42
5. Discussion.....	51
Bibliographie	55
IV. Conclusion	64
1. Rappel des questions de recherche	64
2. Principaux résultats.....	65
3. Contributions de l'étude	67
4. Limites et pistes de recherches futures	68
Bibliographie	70

Liste des figures et des tableaux

Liste des figures

Figure 1 Pourcentage de participants ayant fait au moins une fois un comportement dangereux * $p < 0,1$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$, one-tailed test.....	44
Figure 2 Moyenne des oscillations des électrodes Fp1 et Fp2 lors des 2,5 dernières minutes de chaque condition.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1 Comportements dangereux identifiés	41
Tableau 2 Nombre de participants ayant fait au moins une fois par minute le comportement dangereux en question dans chacune des conditions	42
Tableau 3 Différence entre experts et novices de l'occurrence de chaque comportement dangereux lors des conditions de jeu en marchant, one-tailed test	46
Tableau 4 Résultat des affiches mémorisées pour tous les participants dans chacune des conditions.....	48
Tableau 5 Comparaison des affiches mémorisées en fonction de la condition de jeu sans utiliser la réalité augmentée	48

Remerciements

Il ne m'aurait pas été possible de réaliser ce mémoire sans la collaboration et le support de plusieurs personnes.

Tout d'abord, je tiens à remercier mes deux directeurs de recherche, Pierre-Majorique Léger et Sylvain Sénécal, qui ont été deux excellents coachs et mentors dans l'accomplissement de ce mémoire et qui m'ont donné tous les outils pour y arriver. C'est par leur aide que j'ai eu la chance d'obtenir un sujet qui a eu le mérite d'être médiatisé. Ils m'ont de plus aidé à pouvoir présenter mon premier article en juillet 2017 lors d'une conférence internationale à Vancouver dans le domaine de l'interaction humain-machine.

Je tiens de plus à remercier Pierre-Majorique Léger, Sylvain Sénécal et Marc Fredette pour l'expérience enrichissante et unique à laquelle ils ont contribué en m'accordant une place au sein de leur laboratoire de recherche. Tout étudiant à la maîtrise devrait avoir la chance de vivre une expérience de travail dans un laboratoire aussi innovant et reconnu que le Tech3lab.

Je tiens également à remercier tous mes collègues du Tech3Lab de HEC Montréal, assistantes et statisticiens qui m'ont aidé dans la réalisation, la collecte et l'analyse de mes données.

Je remercie finalement ma famille et amis pour leur support constant tout au long de mes études et pour m'avoir encouragé à me surpasser en concluant ma maîtrise en une seule année.

Avant-propos

Ce mémoire a été rédigé sous la forme de deux articles suite à l'approbation reçue de la direction administrative du programme de la Maîtrise ès sciences en gestion.

Les consentements des coauteurs des deux articles ont été obtenus afin de les inclure dans ce mémoire.

Le comité d'éthique de la recherche d'HEC Montréal a donné son approbation pour cette expérience en juillet 2016.

Le premier article de ce mémoire étudiera l'aspect comportemental de l'utilisateur et permettra de savoir si jouer en marchant occasionne significativement plus de comportements dangereux que de texter en marchant.

Le deuxième article se penchera sur les effets du jeu et l'influence de la technologie de la réalité augmentée sur les aspects attentionnels et cognitifs. À des fins de clarté et de compréhension, les analyses des résultats du premier article se retrouveront dans le deuxième article.

Le premier article a été soumis et accepté pour la conférence HCI International 2017 qui a lieu à Vancouver en juillet 2017. Le deuxième article est actuellement en préparation pour soumission à la revue Plos One.

1. Problématique et question de recherche

1. Mise en contexte de l'étude

Depuis les années 2000, l'arrivée des technologies de l'information et de communication a bouleversé nos vies et nos quotidiens. Ces technologies ont pris une place prépondérante dans nos sociétés. Parmi toutes les innovations qu'elles ont apportées, la mobilité est devenue un incontournable. Aux États-Unis, 95% des adultes américains ont un téléphone portable et 78% ont spécifiquement un smartphone en 2016 (Gartner, 2016).

Étant donné la baisse des prix des services mobiles à large bande et du haut débit fixe, le nombre d'abonnements individuels n'a cessé d'augmenter (ITU, 2016). Selon cette même source, on compte en 2016 près de 7,4 milliard d'abonnés téléphonique dans le monde. En 2020, les ventes de smartphones atteindront près de 1,9 milliard d'unités (Gartner, 2016).

Le téléphone est aujourd'hui utilisé pour toutes sortes d'activités, touchant tant au loisir, au social, qu'au professionnel et viennent concurrencer l'utilisation de l'ordinateur. En octobre 2016, l'utilisation de l'Internet mobile sur téléphone et tablette a notamment dépassé pour la première fois l'usage d'Internet via ordinateur avec 51.3 % de l'utilisation mondiale (StatCounter, 2016).

Notamment, il n'est pas inhabituel de croiser un passant ayant les yeux rivés sur son téléphone dans des endroits publics tel que l'université, le milieu de travail, la salle de sports ou les transports en commun. Que ce soit pour envoyer un message texte, rédiger un courriel, prendre un appel ou passer du temps sur les médias sociaux, les personnes ne quittent plus leur téléphone des yeux. La majorité des répondants à un sondage répondent qu'ils ont l'habitude de l'utiliser en se déplaçant (Lapointe, Boudreau-Pinsonneault et Vaghefi, 2013).

L'impact négatif d'utiliser son téléphone au volant a largement été étudié (Svenson et Patten, 2005) mais un nombre grandissant d'études s'intéressent à l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant. On compte même un nombre plus grand de traumatismes provoqués par l'utilisation d'un téléphone à pied qu'en voiture (Nasar et Troyer, 2013).

Les gouvernements ont ainsi pris ces dernières années plusieurs mesures sécuritaires pour diminuer le nombre d'accidents mortels de piétons. Plusieurs moyens ont été mis en place par les gouvernements américains et sud-coréens tel que des contraventions pour les piétons utilisant leur téléphone mobile en marchant (BFM, 2016). Certaines villes canadiennes débattent actuellement des législations entourant l'utilisation d'un téléphone en marchant sur la voie publique (City News, 2016). Aux Pays-Bas, des bandes lumineuses passant du rouge au vert ont été directement intégrées dans la chaussée afin de s'assurer que les piétons utilisant leur téléphone traversent au bon moment (BBC, 2016). Ce sujet est donc une problématique grandissante qui suscite un intérêt sociétal, médiatique et politique.

Le phénomène d'utiliser son téléphone en marchant a pris encore plus d'ampleur avec la sortie de l'application Pokémon Go. L'objectif du jeu est de se déplacer dans la ville et parcourir plusieurs endroits afin de trouver et d'attraper un maximum de Pokémon. L'application a été un franc succès pour les compagnies Niantic et Nintendo, notamment grâce à l'utilisation de la technologie innovante de la réalité augmentée. Cette technologie permet d'intégrer le monde réel directement dans le jeu virtuel via la caméra du téléphone mobile. On attrape donc différents Pokémon dans des endroits réels et on peut les voir se déplacer dans un parc ou sur le trottoir. Le joueur peut décider d'utiliser ou non la réalité augmentée pour jouer mais il est nécessaire d'utiliser son téléphone en marchant.

Malgré son succès, cette application a aussi été médiatisée par les divers accidents tragiques et mortels qu'elle a causés. Pour n'en nommer que quelques-uns, une joueuse de 15 ans a été percutée par une voiture alors qu'elle traversait une autoroute sans s'en apercevoir (Time, 2016) et deux joueurs âgés d'une vingtaine d'années ont frôlé la mort en tombant d'une falaise de 30 mètres dans le comté de San Diego, alors qu'ils n'avaient pas remarqué les différents signalements et barrières de sécurité (Paris Match, 2016). L'application est ainsi aujourd'hui considérée un danger public par les médias.

Avec son nombre record de téléchargements sur toutes plateformes confondues (IGeneration, 2016), on peut penser que ces accidents continueront de survenir si la population n'est pas conscientisée aux dangers qu'elle prend en utilisant son téléphone en marchant. De plus, l'émoi créé autour de la réalité augmentée ouvre des portes au développement de nouveaux jeux basés sur cette nouvelle technologie. Il est donc important de comprendre l'effet de cette technologie sur les utilisateurs.

Aucune recherche à notre connaissance ne démontre que le fait de jouer en marchant est plus dangereux que de texter en marchant. De plus, la plupart des études sur l'impact des technologies mobiles sur la sécurité des piétons se concentrent uniquement sur des aspects observationnels et comportementaux. Il est donc nécessaire d'approfondir le sujet en analysant les aspects attentionnel et cognitif afin de comprendre quelle est la raison de ces accidents et comment les passants arrivent-ils à utiliser leur téléphone tout en marchant.

De plus, aucune recherche ne démontre actuellement les effets de la technologie de la réalité augmentée sur le comportement et l'attention de l'utilisateur. On peut supposer qu'elle permet aux joueurs d'être plus conscients de leur environnement externe étant donné qu'elle permet de voir par le biais de la caméra du téléphone l'environnement réel. Il est donc nécessaire de pouvoir comparer les effets générés par cette technologie sur le même jeu.

2. Questions de recherche

Au vu de la croissance fulgurante de l'utilisation des téléphones mobiles dans nos sociétés et le développement de nouveaux jeux utilisant la technologie de la réalité augmentée, il est nécessaire d'établir une recherche scientifique à multiple objectifs.

Ce mémoire par articles permettra d'explorer les dangers que comporte le fait de jouer à un jeu sur son téléphone en marchant, comparativement à l'utilisation de la messagerie texte. De plus, il permettra de mettre en lumière les effets attentionnels et cognitifs sous-jacents de l'utilisation d'un téléphone en marchant. Nous utiliserons ainsi des données neurophysiologiques pour observer ces effets. Finalement, nous explorerons l'influence de l'utilisation de la réalité augmentée sur l'utilisateur d'un téléphone en marchant. Nous nous baserons sur la littérature en interaction humain-machine, en technologie de l'information, en neuroscience et en psychologie pour structurer et répondre à ces questions.

L'étude cherchera donc à répondre aux questions suivantes :

Jouer en marchant est-il plus dangereux que de texter en marchant ?

Dans quelle mesure la réalité augmentée influence le comportement, l'attention et la cognition d'une personne utilisant son téléphone en marchant ?

3. Structure du mémoire

Ce mémoire par articles se présentera sous la forme de deux articles complémentaires. Le premier article répondra à la question de recherche pour savoir si le fait de jouer à un jeu en marchant sur son téléphone mobile génère plus de comportements dangereux que le fait de texter en marchant. Une deuxième recherche explorera les effets attentionnels et cognitifs générés par le fait de jouer en marchant. Nous verrons tout au long de ces deux articles comment la réalité augmentée influence ces différents aspects. À des fins de clarté et de compréhension, les résultats du premier article seront aussi présentés dans le deuxième article. Pour conclure, nous rappellerons les conclusions complémentaires de ces deux articles ainsi que leurs limites et les nouvelles avenues pour la recherche scientifique dans ce domaine.

4. Objectifs de l'étude

Ce mémoire permettra d'avoir une meilleure compréhension des effets générés par l'utilisation de son téléphone mobile en marchant. Nous comparerons différentes tâches effectuées sur un téléphone mobile et analyserons l'effet de la réalité augmentée. Ces objectifs visent à apporter des recommandations sur la conception d'application plus sécuritaire en utilisant la technologie de la réalité augmentée. De plus, cette étude vise à évaluer si des tâches faites habituellement sur un téléphone sont plus propices que d'autres à diminuer l'attention de l'utilisateur face à son environnement externe et à l'exposer ainsi à plus de comportements dangereux. Il nourrira de multiples domaines touchant tant aux technologies qu'à la neuroscience et visera à mieux comprendre l'interaction de l'homme envers une technologie.

5. Contributions potentielles au champ de recherche

5.1 Contributions théoriques

D'un point de vue théorique, ce mémoire contribue à la littérature sous-jacente aux deux questions de recherche. Il permet de mieux comprendre les effets et les conséquences de l'utilisation de son téléphone mobile en marchant et comparera différentes tâches effectuées à l'aide d'un téléphone et l'influence que peut avoir la technologie de la réalité augmentée.

Cette recherche approfondira les études antérieures réalisées autour des risques de la cécité d'inattention (Mack et Rock, 1998; Slavich et Zimbardo, 2013) notamment dans un contexte d'utilisation de son téléphone (Stavrinos, Byington et Schwebel, 2009; Hyman, Boss, Wise, McKenzie, et Caggiano, 2010; Nasar, Hecht et Wener, 2008; Hatfield et Murphy, 2007; Nasar et Troyer, 2013). Étant donné que la plupart de ces recherches se sont concentrées sur le fait

d'utiliser en général un téléphone en marchant, cette étude permettra de savoir si certaines tâches technologiques faites habituellement sur un téléphone sont plus propices à nous mettre en danger que d'autres selon l'attention et la distraction qu'elles suscitent. De plus, une conceptualisation plus riche et contextualisée du phénomène est nécessaire en s'intéressant aux aspects attentionnels et cognitifs ainsi qu'à l'influence que peut avoir la réalité augmentée.

5.2 Contributions pratiques

D'un point de vue pratique, les organisations s'intéressent de plus en plus à la compréhension de l'expérience utilisateur désirant créer une meilleure relation entre l'humain et la technologie. Bien que l'utilisation de Pokémon Go ne soit pas un contexte d'affaires, cette recherche peut donner des pistes de solutions aux entreprises pour savoir si la technologie de la réalité augmentée est plus engageante. De plus, cette étude offre aux concepteurs et développeurs d'applications une nouvelle piste de réflexion en matière de sécurité pour savoir si la réalité augmentée peut être une solution technologique pour concevoir des applications plus sécurisées. Finalement, cette étude permet de contribuer aux débats publics, médiatiques et à l'établissement de législations et de politiques publiques en matière de sécurité des piétons et sur le fait de jouer en marchant sur son téléphone mobile. Elle peut permettre ainsi à Niantic et aux futurs concepteurs de jeux vidéos mobiles de concevoir des jeux plus sécuritaires. Elle se repose sur une recherche empirique pour permettre de prendre des décisions plus éclairées sur le sujet de l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant.

6. Informations sur l'article 1

Ce premier article a été soumis et accepté pour une présentation à une conférence scientifique en février 2017 à *HCI International 2017*. L'étudiant de ce mémoire a conduit cette première phase de recherche à l'été 2016 et présentera les résultats à cette conférence en juillet 2017. La version de l'article contenant les résultats de la première phase d'analyse (comportements dangereux selon chaque condition) est publiée dans le multivolume *Springer* "HCI in Business, Government and Organizations" dans la rubrique "Réalité augmentée, Réalité virtuelle et Réalité mixte" (Pourchon et al. 2017).

7. Résumé de l'article 1

Dès sa sortie à l'été 2016, Pokémon Go est devenue l'une des applications les plus téléchargées au monde. Doté de la technologie de la réalité augmentée, ce jeu est devenu un véritable phénomène chez les jeunes et les adultes. Cependant, il a également causé plusieurs accidents

en distrayant les joueurs dans leur marche. Suite aux recherches antérieures menées sur le multitâche mobile dans un contexte d'utilisation de la messagerie texte tout en marchant, cette étude s'intéresse au fait de jouer en marchant et à l'influence de la réalité augmentée. Cette recherche compare donc les comportements dangereux dans trois conditions à l'aide d'un smartphone tout en marchant : Pokémon Go avec réalité augmentée, Pokémon Go sans réalité augmentée et la messagerie texte en marchant. Les résultats de cette expérience permettent de conclure que jouer à Pokémon Go, avec et sans réalité augmentée, conduit significativement à plus de comportements dangereux en général que lorsque l'on texte. Nous observons également l'apparition d'un nouveau comportement dangereux lorsque l'on joue à Pokémon Go, soit le fait de s'arrêter brusquement sans regarder autour de soi pour chercher et attraper un Pokémon. Ce comportement dangereux n'est alors pas observé lorsque l'on texte en marchant.

8. Informations sur l'article 2

Ce deuxième article est en cours de traduction pour être soumis à la revue *Plos One*. L'étudiant de ce mémoire a utilisé les données de l'expérience présentée précédemment ainsi que les conclusions du premier article pour cette deuxième phase de recherche. Cet article est actuellement rédigé et inclut dans ce mémoire en français et sera traduit par la suite en anglais avant qu'il soit soumis pour publication.

9. Résumé de l'article 2

Dès sa sortie durant l'été 2016, Pokémon Go est devenue l'une des applications les plus téléchargées au monde notamment pour son utilisation innovante de la technologie de la réalité augmentée. Cependant, l'application a également été médiatisée pour avoir causé plusieurs accidents. Plusieurs recherches scientifiques antérieures ont démontré les dangers d'avoir une conversation par message texte sur son téléphone mobile en marchant. Cette étude compare les dangers générés par le fait de jouer et de texter sur son téléphone en marchant. Les participants de cette étude ont effectué trois tâches différentes sur un smartphone tout en marchant: jouer à Pokémon Go avec réalité augmentée, jouer à Pokémon Go sans réalité augmentée et envoyer des messages texte. Les résultats de cette étude permettent de conclure que jouer à Pokémon Go, avec et sans réalité augmentée, génère plus de comportements dangereux que texter en marchant, et ce quel que soit le niveau d'expérience du joueur dans Pokémon Go. Cependant, elle démontre qu'utiliser la réalité augmentée permet d'être plus conscient de son environnement et de mieux percevoir son environnement. Le joueur est en effet plus attentif et

vigilant. On peut donc penser que l'utilisation de la réalité augmentée permet de concevoir des applications plus sécuritaires.

II. Article 1

Is Augmented Reality Leading to More Risky Behaviors? An Experiment with Pokémon Go

Romain Pourchon, Pierre-Majorique Léger, Élise Labonté-LeMoine,

Sylvain Sénécal, François Bellavance, Marc Fredette,

François Courtemanche

HEC Montréal Tech3lab, Montréal, Canada

{romain.pourchon, pml, elise.labonte-lemoine, ss, francois.bellavance, marc.fredette, francois.courtemanche}@hec.ca

Abstract. Released in the summer of 2016, Pokémon Go is one of the world's most downloaded applications.

Using augmented reality technology, this game has become the latest craze among young people and adults. However, it has also caused several accidents because of players getting distracted while walking. Following the research that has been conducted on texting while walking, it would be interesting to compare the risks arising from gaming while walking. This research therefore compares dangerous behaviors exhibited in three conditions using a smartphone while walking, Pokémon Go with augmented reality, Pokémon Go without, and texting while walking. We can conclude that playing Pokémon Go, with and without augmented reality, leads to more dangerous behaviors overall than texting. We also observe the appearance of a new risky behavior when playing Pokémon Go that is unseen in texting while walking, abrupt stops.

Keywords: Mobile multitasking · Augmented Reality · Attention · Real context study

1. Introduction

In this paper, we investigate the effect of Augmented Reality (AR) on the behavioral risk associated with playing on a smartphone while walking. Previous studies have demonstrated that multitasking on a smartphone while walking is a risky behavior. An observation study found that more than 7% of pedestrians engage in mobile multitasking [1], which we define here as the behavior of individuals who change their attention quickly between different activities on a technology while walking. Some studies report that mobile multitaskers took longer to cross the street and to initiate crossing when they saw an available safe gap, looked left and right less often, and were more likely to be hit or almost hit by an oncoming vehicle [2,3]. Researchers found that texting causes more cognitive distractions and decision-making mistakes compared to talking on a cell phone because attention is divided between more than

one stimulus and this negatively impacts the performance of these tasks. When subjects change from task A to task B, their mental resources need to be reconfigured to accommodate the upcoming task and thus take more time, this is called a “switch cost” [4]. To our knowledge, no studies have yet been conducted on the mobile multitasking risks associated with AR games.

During the summer of 2016, Pokémon Go (Niantic Company, Tokyo, Japan), an AR-based entertainment application inspired from the Pokémon anime TV series became the most rapidly downloaded application in history. Breaking all records, it was downloaded by more than 30 million people [5]. The objective of the game is to walk around until you find a Pokémon monster, select the monster (an action which opens a secondary game window), and throw a ball at the monster to capture it. There are two modes of play in the secondary window: with or without AR. Unlike virtual environments, in which a virtual world replaces the real world, AR involves the addition of extra information to the real world. Turning on the AR mode switches on the camera and the animated Pokémon appears on the screen along with the real-life background, as is illustrated in Figure 1. Turning off the AR mode switches off the camera and the animated Pokémon appears on the screen along with the still background world of Pokémon.



Fig. 1 Use of AR un Pokémon Go

Such a gaming technology holds promise, however, there is also some obvious potential for further distraction-related risks. Many warnings have been issued in the media by physicians

and police as to the risks of playing this game [6]. For example, a 15-year-old girl was struck by a car, when crossing a busy road while playing Pokémon Go [7]. In another instance, a Frenchman traveling to Indonesia was arrested for entering a military base, as he wanted to catch a Pokémon [8]. In France, a young man was hit by a train while crossing a railroad to catch a Pokémon [9]. Finally, in San Diego County, California, two 20-year-old men nearly died after falling off a 30-meter cliff, because they had crossed a security barrier while trying to capture a Pokémon [10].

In addition to incidents related to burglars and racketeers using Pokémon Go or motorists playing the game while driving, the application is now a public danger for phone enthusiasts while walking. Notwithstanding its increasing popularity, as evidenced by the application's record-breaking downloads on all platforms combined [11], it is undeniable that such accidents will continue to occur if the population is not aware of the risks it takes.

Notably, the media does not mention which mode, AR or not, was activated when accidents occurred, leading to the question: was AR really the cause of this distraction? This study investigated the increasing existence of dangerous behaviors when using AR as opposed to the more commonly accepted texting while walking behavior. We also contrasted the two modes of gameplay as the incident reports blaming AR never seem to mention whether the AR mode was, in fact, activated at the time.

Participants in our study were engaged in multitasking episodes of texting while walking and playing while walking. We used a neurophysiological approach to fully capture both the explicit (self-reported) and implicit (unconscious and automatic) measures of mobile multitasking. The experiment took place in a real context environment in which subjects had to walk while wearing SMI Eye Tracking Glasses 2 (SensoMotoric Instruments, Berlin, Germany), their electroencephalographic (EEG) activity being recorded with a wireless headset (Cognionics HD-72, San Diego, USA). We present the different behaviors observed and discuss our preliminary results in the rest of this paper.



Fig. 2 Experimental set-up

2. Method

We conducted an experiment with 18 Pokémon Go players. This project was approved by the Institutional Review Board of our institution. This study took place in a risk-free public place in a major North American city. The recruitment was done via an online platform and the participants were given a compensation of C\$20 (about US\$15).

2.1 Experimental design and protocol

In a within-subject experimental design, participants had to perform three different tasks while walking: Texting, Gaming with AR and Gaming without AR. These tasks were distributed in random order between the participants. Overall, the experiment lasted one hour. The participants were instructed to walk in the public area as they would normally do in real-life. In order to provide a higher degree of ecological validity, no path was predefined. Nevertheless, an exact meeting point was given to the participants. They could walk in the park or on the sidewalk but they had to stay in the pedestrian area for safety reasons. In the texting condition, they had to chat with a research assistant via SMS. In the gaming condition, they were instructed to catch the maximum number of Pokémon possible. During the tasks, the participants were followed by 3 assistants who had to ensure their safety and film the tasks.

We used several measurement tools. Firstly, the participants had to play on a given iPhone 6 (Apple, Cupertino) with an already created account, they all played the game at the same

difficulty level (level 21). The application contained measures such as miles traveled and number of Pokémon caught. Secondly, we used Eye Tracking Glasses 2 (SMI, SensoMotoric Instruments, Berlin, Germany) to track visual attention. Thirdly, body cameras (GoPro, San Mateo, USA) attached to the research assistants were used to film the participants during the tasks. Finally, electroencephalographic measures (Cognionics, San Diego, USA) were acquired during the tasks. EEG and others measures (miles traveled, number of Pokémon caught) are currently being analyzed and are not reported in this article.

2.2 Operationalization of behavioral measures

Table 1 presents the age of our participants as well as the player’s Pokémon Go level, which represents the experience of the participant. We only selected those who had played ample Pokémon Go and had already reached level 5.

Average age	Standard age deviation	Average Pokémon Go level of the player based on his personal account (experience)	Standard deviation of the Pokémon Go level of the player based on his personal account (experience)
21.89 years	2.63	16.17	8.06

Tab. 1 Age, Pokémon Go experience

Table 2 presents the playing mode used by the players, i.e., with or without AR. The majority of our participants usually play without AR. We believe the two main reasons for this are that the phone’s battery drains faster when AR is activated and that the participants feel that the challenge of catching a Pokémon is more difficult when AR is activated.

% of participants who usually play with activated AR	% of participants who usually play with inactivated AR
33%	67%

Tab 2 Usability of the participants

The GoPro camera recordings revealed different risky behaviors by our participants. We used these videos to identify the five most common risky behaviors that participants displayed during the experience. They are described as follows:

- **Collision avoidance by a stranger:** The participant looks at his phone while crossing a passer-by who must shift course to avoid a collision.
- **Crossing a street while looking at his/her phone:** The participant looks at his phone while he crosses the street.
- **Crossing a street without checking the road:** The participant doesn't look left or right before he/she crosses the street.
- **Avoiding an obstacle:** The participant narrowly avoids an obstacle in his path (post, bench, trash can, miniature train).
- **Stop walking abruptly:** The participant stops abruptly on the sidewalk.

3. Preliminary results and analysis

The sample included 18 participants who completed the texting condition as well as the Pokémon Go without AR condition while 17 of them also completed the Pokémon Go with AR condition. This represents a total of 18 participants and 53 observations overall. We used the SAS statistical program (SAS Institute Inc, Cary, USA) to determine if there was any significant difference between the three conditions associated with each risky behavior, so as to determine if these risky behaviors were more frequently linked to any one particular condition than to another.

First, we determined each time the participant exhibited a risky behavior per minute. We coded "0" if the participant had no risky behavior during a task and "1" if the participant had one or more risky behavior during a task. We observed that there were many "0s" for our 18 participants. The risky behaviors were also very rare. Our tasks were relatively long and there were only a few instances when our participants displayed dangerous behaviors. This was also an important criterion to be taken into account when analyzing our results.

Since the numbers of risky behaviors exhibited by participants are being collected, the negative binomial model would appear to be the most fitting statistical model. However, as few events for each type of risky behavior are observed, the logistic regression model is used to model the risky behaviors individually. Logistic regression allows us to model the probability of

occurrence of an event without taking into account the number of observed events, which is less precise but can be seen as more robust than a negative binomial model in our experiment given that many participants did not exhibit a risky behavior while doing the task.

For the overall risks, which correspond to the sum of the 5 types of risky behaviors, we used a negative binomial model as more events were observed. In our analyses, each participant was tested in all three conditions (Texting, Pokémon, Pokémon AR). Therefore, a random effect for intercept was added to the regression models to take into consideration the repeated measurements on the participants. SAS' GLIMMIX procedure for generalized linear mixed models was used for the regression models.

This explicative model allows us to conclude that three of our risky behaviors occur significantly more often in one condition than in another. First, we found that people cross the street while looking at their phone more often when they are playing Pokémon with AR than when they are texting. Second, we found that people cross the street while looking at their phone more often when they are playing Pokémon without AR than when they are texting. Third, we found that people cross the street without checking the road more often when they are playing Pokémon with AR than when they are texting. Fourth, we found that people cross the street without checking the road more often when they are playing Pokémon without AR than when they are texting. Fifth, we observed a new risky behavior with the arrival of Pokémon Go. We noted that our participants abruptly stop walking on the sidewalk without checking around them. This risky behavior doesn't occur when participants are texting on their phones. We found that people stop abruptly more often when they are playing Pokémon Go with activated AR than when they are playing without AR. Finally, we analyzed the overall danger by taking into account the five risky behaviors in all conditions. The Poisson regression model led us to observe that Pokémon AR generally induces significantly more frequent risky behaviors than Pokémon and texting. We can also observe that, while there isn't a significant difference, it appears to be more dangerous to play Pokémon Go with activated AR than without.

These five significant conclusions are presented in Figure 3. We used the sample means of each incidence rate per hour of our experience to show these results on a graph and to clarify these comparisons.

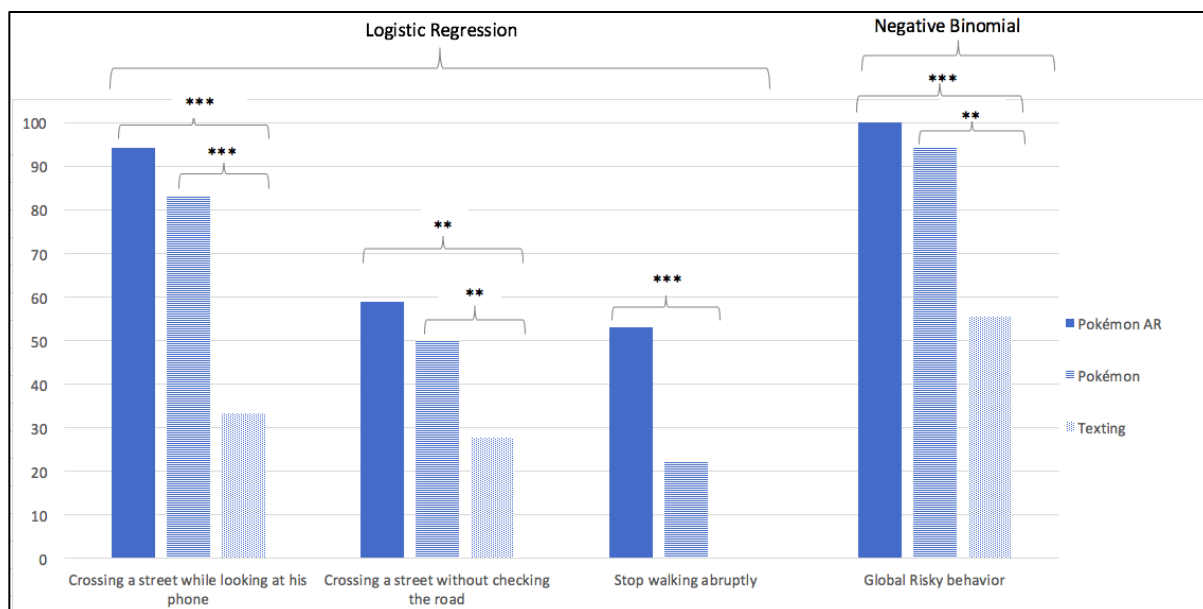


Fig. 3 % of participants who have exhibited one or more of each risky behavior

* $p < 0.1$ ** $p < 0.05$ *** $p < 0.01$, one-tailed test

4. Discussions and concluding comments

This paper presents the rate of dangerous behaviors displayed by pedestrians engaging in mobile multitasking while texting and while playing Pokémon Go, with and without the AR function activated. Preliminary results suggest that this game has introduced a new dangerous behavior that is not present when texting while walking: “Stop walking abruptly”. Moreover, pedestrians playing Pokémon Go with AR or without AR mode exhibit a higher incidence of dangerous behavior than pedestrians texting while walking. Overall, we find evidence that using an application with augmented reality is more dangerous than using one without augmented reality and that the former scenario is even more dangerous than texting while walking.

It is important to point out that these results do not, under any circumstances, advocate texting while walking. Almost all participants exhibited dangerous behaviors during both the playing and texting sessions. These results only suggest that texting might be less risky than Pokémon Go.

These results are preliminary and further analysis is required to understand their cognitive underpinnings. The next question we need to explore is why multitasking in a gaming context induces more dangerous behavior than texting does. One explanation could be linked to the

difficulty of catching the Pokémon and the time required, which might be a greater source of distraction than simply a social act, i.e. texting.

Our next step is to analyze the electroencephalographic data to obtain a richer understanding of the phenomenon. The brain activity will be analyzed in the frequency domain with a fast Fourier transform (FFT) and compared between the three conditions to assess the general state of the participant during each condition.

After that, we would also like to analyze the attentional perspective. We could suppose that augmented reality causes more risky behaviors because participants look at their phone more often than at their external environment. Moreover, during the experiment, we presented a few posters with a letter and a color during each task. The participants had to memorize these letters and colors thus we can evaluate if the participants indeed paid less attention to these posters when playing Pokémon. We will also compare each participant's results according to their level of play and experience in Pokémon Go to understand if amateur players have more memory bias.

Finally, we would like to evaluate the perceptual perspective of augmented reality in a mobile multitasking context. Despite the known risks of using texting while walking, many people behave overconfidently and underestimate the dangers associated with such an activity. It would be interesting to see if people perceive the game as being more or less dangerous than texting while walking. It would also be interesting to see if people perceive augmented reality as being a greater challenge and if people think augmented reality allows them to avoid obstacles and be more aware of their environment.

In conclusion, these and other forthcoming results could lead to recommendations for developers of AR games that require players to be on the move. They could also help develop safety advice for current players and policy makers. An interesting result here is that the game leads to abrupt stops, a dangerous new behavior that was almost non-existent in texting while walking. Future game developers could perhaps introduce pop-up warnings such as “GAME PAUSED TILL YOU STOP AT A SAFE LOCATION, PRESS HERE TO RESTART”, at specific moments in the game that might lead to such stops. Developers of Pokémon Go could perhaps add the following warning message at the exact moment a Pokémon is about to be caught: “LOOK AROUND BEFORE YOU STOP TO CATCH THIS POKÉMON”.

References

- [1] Thompson, L.L., et al., “Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study”. *Injury Prevention*, 2013. 19(4): p. 232-237.
- [2] Schwebel, D.C., et al., “Distraction and pedestrian safety: How talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street”. *Accident Analysis & Prevention*, 2012. 45(0): p. 266-271.
- [3] Byington, K.W. and D.C. Schwebel, “Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk”. *Accident Analysis & Prevention*, 2013. 51: p. 78-83.
- [4] Wylie, G. and A. Allport, “Task switching and the measurement of “switch costs””. *Psychological Research*, 2000. 63(3-4): p. 212-233. Works Cited
- [5] Biseria, A., et Rao, A. (2016). “Human Computer Interface-Augmented Reality”. *International Journal of Engineering Science*, vol. 6. no 8, p. 2594-2595.
- [6] V. Stevenson, “Injuries related to Pokemon Go on the rise”, <https://www.thestar.com/news/gta/2016/08/18/injuries-related-to-pokemon-go-on-the-rise.html>, August 18th 2017
- [7] K. Reilly, “Pennsylvania Teenager Hit By Car While Playing Pokémon Go”, <http://time.com/4405221/pokemon-go-teen-hit-by-car/>, July 13th 2017
- [8] Le Point, « Indonésie : un Français dans une base militaire à cause de Pokémon Go », http://www.lepoint.fr/high-tech-internet/indonesie-un-francais-dans-une-base-militaire--a-cause-of-pokemon-go-19-07-2016-2055508_47.php, July 19th 2017
- [9] H. Gaetan, « Pokémon Go : Un jeune fauché par un train alors qu’il essayait d’attraper un carapuce », <http://nordpresse.be/pokemon-go-jeune-belge-fauche-train-quil-essayait-dattraper-carapuce/>, February 9th 2017
- [10] C. Hazard, « "Pokémon Go" : 5 histoires déjà incontournables qui vont se répéter », www.parismatch.com/Vivre/High-Tech/Pokemon-Go-5-histoires-deja-incourtournables-qui-vont-se-repeter-1020316, July 19th 2017
- [11] E. Froment, « Pokémon Go dépasse la barre des 100 millions de téléchargements », <http://geeko.lesoir.be/2016/08/02/pokemon-go-depasse-la-barre-des-100-millions-de-telechargements/>, August 2nd 2016

III. Article 2

Jouer sur son téléphone en marchant est-il
plus dangereux que texter en marchant? Le cas de Pokémon Go

Romain Pourchon, Pierre-Majorique Léger, Élise Labonté-LeMoyne,
Sylvain Sénécal, Marc Fredette,
François Courtemanche
HEC Montréal Tech3lab, Montréal, Canada
{romain.pourchon, pml, elise.labonte-lemoyne, ss, marc.fredette,
francois.courtemanche}@hec.ca

Résumé

Dès sa sortie durant l'été 2016, Pokémon Go est devenue l'une des applications les plus téléchargées au monde notamment pour son utilisation innovante de la technologie de la réalité augmentée. Cependant, l'application a également été médiatisée pour avoir causé plusieurs accidents. Plusieurs recherches scientifiques antérieures ont démontré les dangers d'avoir une conversation par message texte sur son téléphone mobile en marchant. Cette étude compare les dangers générés par le fait de jouer et de texter sur son téléphone en marchant. Les participants de cette étude ont effectué trois tâches différentes sur un smartphone tout en marchant : jouer à Pokémon Go avec réalité augmentée, jouer à Pokémon Go sans réalité augmentée et envoyer des messages texte. Les résultats de cette étude permettent de conclure que jouer à Pokémon Go, avec et sans réalité augmentée, génère plus de comportements dangereux que texter en marchant, et ce quel que soit le niveau d'expérience du joueur dans Pokémon Go. Cependant, elle démontre qu'utiliser la réalité augmentée permet d'être plus conscient de son environnement et de mieux percevoir des dangers potentiels. Le joueur est en effet plus attentif et vigilant. On peut donc penser que l'utilisation de la réalité augmentée permet de concevoir des applications plus sécuritaires.

Mots clés : multitâche · Pokémon Go · réalité augmentée · cécité d'inattention · expertise ·
EEG

1. Introduction

Cette étude vise à comprendre les dangers que comporte le fait de jouer sur son téléphone en marchant à un jeu doté de la fonctionnalité de la réalité augmentée. Plus spécifiquement, elle

compare le fait de texter en marchant avec celui de jouer sur son téléphone en marchant et cherche à comprendre l'influence que peut avoir la réalité augmentée sur l'attention et le comportement de l'utilisateur. Pour répondre à cette question, nous avons étudié les effets comportementaux, attentionnels et cognitifs de l'utilisation d'un téléphone en marchant.

La mobilité est devenue aujourd'hui un élément clé des nouvelles technologies. En 2016, aux États-Unis, 95% des adultes ont un téléphone portable et 78% ont spécifiquement un smartphone (Gartner, 2016). En octobre 2016, l'utilisation de l'internet mobile sur téléphone et tablette a dépassé pour la première fois l'usage d'internet via ordinateur avec 51.3% de l'utilisation mondiale (StatCounter, 2016). Il n'est donc plus inhabituel de voir quelqu'un utiliser son téléphone en marchant dans la rue.

Ce phénomène a notamment pris d'autant plus d'ampleur avec la sortie de l'application Pokémon Go, jeu doté de la fonctionnalité de la réalité augmentée. Cette dernière met en scène les Pokémon virtuels au sein du monde réel par le biais de la caméra du téléphone mobile. Le monde réel fait dorénavant partie intégrante du jeu virtuel et le joueur peut voir le monde réel environnant directement sur son téléphone. De plus, contrairement à un jeu traditionnel, le joueur doit se déplacer physiquement pour attraper les Pokémon et augmenter son niveau dans le jeu. Il doit parcourir plusieurs endroits clés dans sa ville pour atteindre ses objectifs et rivaliser avec ses adversaires. L'application a été un franc succès pour les compagnies Niantic et Nintendo et a été téléchargée par près de 30 millions de personnes (Biseria et Rao, 2016).

Malgré certains bénéfices en matière d'obésité, de diabète et de dépression (Grohol, 2016; Schilling, 2016; Griffin, 2016; University of Leicester, 2016), l'application a aussi été médiatisée pour les divers accidents tragiques qu'elle a causés. Pour n'en nommer que quelques-uns, une joueuse de 15 ans a été percutée par une voiture alors qu'elle traversait une autoroute sans s'en apercevoir (Time, 2016) et deux joueurs âgés d'une vingtaine d'années ont frôlé la mort en tombant d'une falaise de 30 mètres dans le comté de San Diego, alors qu'ils n'avaient pas remarqué les différents signalements et barrières de sécurité (Paris Match, 2016).

Les gouvernements commencent à prendre conscience des dangers de l'utilisation du téléphone mobile en marchant et débattent actuellement de l'idée d'émettre des contraventions (BFM, 2016) et d'interdire totalement l'utilisation de téléphone en marchant (City News, 2016). Aux Pays-Bas, des bandes lumineuses ont directement été intégrées dans la chaussée à chaque

passage piéton et passent du rouge au vert lorsque c'est le bon moment de traverser (BBC, 2016). Avec le nombre record de téléchargements sur toutes plateformes confondues de Pokémon Go (IGeneration, 2016), on peut penser que les accidents dû à ce manque d'attention continueront de survenir si la population n'est pas conscientisée aux risques qu'elle prend en utilisant un téléphone en marchant. De plus, le succès de l'utilisation de la réalité augmentée dans un contexte de jeu vidéo laisse croire que cette technologie sera utilisée dans la conception de futurs jeux vidéo.

Les conséquences de faire deux tâches en même temps ont largement été étudiées. Le phénomène de la cécité d'inattention, soit l'incapacité de percevoir consciemment la présence d'un objet inattendu lorsque son attention est absorbée par une autre tâche réquisitionnant ses ressources cognitives en est la principale cause (Mack et Rock, 1998; Slavich et Zimbardo, 2013; Stavrinos, Byington et Schwebel, 2009). Plusieurs études ont notamment étudié la cécité d'inattention dans un contexte d'utilisation de son téléphone en marchant (Hyman, Boss, Wise, McKenzie, et Caggiano, 2010; Nasar, Hecht et Wener, 2008; Hatfield et Murphy, 2007; Nasar et Troyer, 2013).

Cependant toutes ces études se sont concentrées sur le fait d'envoyer des messages textes en marchant et ne l'ont pas comparé avec d'autres tâches faites quotidiennement sur un téléphone. De plus, la réalité augmentée étant une technologie émergente, aucune de ces études n'a étudié l'influence de la réalité augmentée sur les comportements d'un utilisateur de téléphone en marchant. Cette étude contribuera ainsi à la littérature entourant le sujet de la cécité d'inattention en contexte d'utilisation d'un téléphone en marchant. Elle contribuera aussi aux débats entourant l'utilisation de téléphone en marchant et permettra de comprendre les causes des divers accidents. Finalement, elle offrira aux concepteurs et développeurs d'applications une meilleure compréhension de l'influence que peut avoir la réalité augmentée sur le comportement et l'attention des utilisateurs.

L'étude cherchera donc à répondre aux questions suivantes : 1) Jouer en marchant est-il plus dangereux que de texter en marchant ? 2) Dans quelle mesure la réalité augmentée peut-elle influencer le comportement de l'utilisateur ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons pour cela organisé une expérimentation en contexte réel à un facteur à trois niveaux, en demandant à tous les participants d'effectuer les

tâches de jouer à Pokémon Go avec et sans la réalité augmentée et de texter en marchant. Nous avons collecté 3 types de données : comportementales, attentionnelles et cognitives. Nous avons émis l'hypothèse que jouer sur son téléphone en marchant est susceptible de générer plus de comportements dangereux que de texter en marchant mais que l'utilisation de la réalité augmentée peut permettre d'être plus conscient de son environnement. Les résultats de cette étude démontrent en effet que jouer en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant, quelque soit son niveau d'expertise dans le jeu. Cependant, elle conclut aussi que jouer sur son téléphone en marchant en utilisant la réalité augmentée permet de percevoir et mémoriser plus de stimuli de l'environnement externe. Finalement, elle conclut que l'utilisateur est aussi plus attentif et vigilant en utilisant la réalité augmentée.

2. Revue de littérature

2.1 Le multitâche

Le multitâche est défini comme un comportement qui engage un individu dans plusieurs tâches à la fois (Strayer et Drews, 2007). Malgré la perception que les adeptes du multitâche s'en font, le fait de faire plusieurs tâches en même temps ne permet pas d'être plus productif (Charron et Koechlin, 2010). Il cause au contraire une diminution significative de la productivité en raison des limites du cortex cérébral face à la réalisation de plusieurs tâches en même temps (Charron et Koechlin, 2010). En observant le cerveau humain grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, les auteurs de cette étude expliquent qu'en traitant deux activités à la fois, chacun de nos deux lobes frontaux sont utilisés pour chacune des deux tâches. Dès l'apparition d'une troisième tâche, une augmentation du nombre d'erreurs, une diminution de la précision et un temps de réponse accru sont constatés (Charron et Koechlin, 2010, Rogers et Monsell, 1995). Le multitâche a donc un effet négatif sur l'acheminement des informations cognitives étant donné la limite de la capacité de traitement du cerveau humain (Pashler, 1994). Pour accomplir plusieurs tâches en même temps, les personnes passent rapidement d'une tâche à une autre, en faisant du "dual-tasking" (Salvucci et Taatgen, 2008). Cela engendre ainsi un coût cognitif associé, appelé "coût du changement" (Monsell, 2003).

La prolifération d'appareils électroniques mobiles accentue les nouveaux environnements de multitâche en se déplaçant, à pied ou en voiture (Salvucci, Taatgen et Borst, 2009). Que ce soit

pour envoyer un message texte, rédiger un courriel ou parcourir les médias sociaux, plusieurs piétons marchent dans des endroits publics les yeux rivés sur leur téléphone. Une étude présente les résultats d'un sondage où 87% des sondés répondent qu'ils l'utilisent souvent en se déplaçant (Lapointe, Boudreau-Pinsonneault et Vaghefi, 2013). L'impact négatif d'utiliser son téléphone au volant a largement été étudié (Svenson et Patten, 2005) mais un nombre grandissant d'études s'intéressent à l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant (Hyman et al., 2010; Nasar et al., 2008; Hatfield et Murphy, 2007; Nasar et Troyer, 2013). On compte même un nombre de traumatismes provoqués par le téléphone plus grand à pied qu'en voiture (Nasar et Troyer, 2013). Une récente recherche a étudié plus de 3700 marcheurs dans les intersections les plus dangereuses de Manhattan et a observé que près de 30% des passants ont leur attention concentrée sur leur téléphone mobile lorsqu'ils traversent la route lors du signal "Walk". 25% regardent même leur téléphone en traversant la route lors du signal "Don't walk" (Bash, 2014). Une autre étude démontre que les passants utilisant leur téléphone en marchant prennent plus de temps pour traverser la route, manquent plusieurs occasions sécuritaires de traverser, regardent moins souvent à gauche et à droite avant de traverser et sont plus susceptibles d'être frappés par un véhicule (Schwebel et al. 2012; Byington et Schwebel, 2013). Utiliser son téléphone tout en marchant génère ainsi plusieurs comportements dangereux et accidentels.

Le fait d'utiliser son téléphone mobile en marchant est cognitivement d'autant plus complexe car il implique une commande moteur et une attention visuelle particulière à l'environnement urbain et ses dangers inattendus (Stavrinos, Byington et Schwebel, 2009; Labonté-Lemoyne, Léger, Sénécal et Santhanam, 2016). L'utilisateur est donc obligé de diviser son attention alors qu'il doit constamment garder une vigilance particulière dans les zones urbaines étant donné la rapidité des scènes visuelles et des dangers potentiels. Sans même considérer l'implication de voitures et d'autres passants, le fait d'utiliser son téléphone en marchant modifie la longueur, la largeur et la cadence des pas et rend ainsi le marcheur plus enclin à avoir un accident (Parr, Hass et Tillman, 2014). Le fait de devoir diviser son attention engendre un "coût du changement" qui peut avoir des conséquences graves (Monsell, 2003). Les accidents chez les piétons résultent principalement de l'inattention à leur environnement externe et se déroulent généralement lorsqu'ils traversent la rue (Hyman et al., 2010). Ils ont augmenté de 10% aux États-Unis entre 2014 et 2015 (NHTSA, 2016), particulièrement chez les jeunes âgés de moins de 30 ans, plus adeptes des technologies que leurs aînés (Schwebel et al., 2012). On peut donc

penser que la prolifération des téléphones mobiles est la principale cause de la croissance des accidents des piétons ces dernières années.

2.2 La cécité d'inattention

Le téléphone est donc un nouvel élément de distraction lorsqu'il est utilisé en marchant. L'utilisateur, absorbé dans sa tâche technologique, est moins attentif aux dangers de l'environnement externe. On décrit ce comportement comme un état de cécité d'inattention, soit l'incapacité de percevoir consciemment la présence d'un objet inattendu lorsque son attention est absorbée par une autre tâche réquisitionnant ses ressources cognitives (Mack et Rock, 1998). Cet objet est pourtant parfaitement visible mais la personne ne l'aperçoit pas consciemment. La cécité d'inattention fait donc partie intégrante de la théorie de l'attention sélective définie comme le fait de mettre en avant toute partie de son visuel que l'on perçoit comme pertinent et mettant tout le reste de côté (Gazzaley et Rosen, 2016). Bien que l'attention et la conscience soient des construits connexes, la nature de la relation entre elles n'est pas résolue et l'attention n'est pas suffisante pour assurer la conscience (Koch et Tsuchiya, 2007). L'attention et la conscience sont donc des phénomènes distincts qui peuvent être manipulés indépendamment. Bien que le phénomène de la cécité d'inattention ne soit pas un processus conscient, il agit cependant bien sur le cortex cérébral dès lors que deux objectifs se confrontent (Rissman, Gazzaley et D'esposito, 2004).

Une étude représente très bien le phénomène de la cécité d'inattention dans le contexte d'utilisation d'un téléphone mobile en marchant en mettant en scène un clown sur un monocycle en plein campus universitaire (Hyman et al., 2010). Les participants à cette étude devaient faire trois tâches distinctes en marchant, soit utiliser leur téléphone pour envoyer des messages textes, écouter de la musique avec des écouteurs et parler de vive voix avec un collègue à côté d'eux. À la fin de l'expérience, lorsqu'on leur demande s'ils n'ont pas vu quelque chose d'inhabituel durant leur marche, seulement 8% des étudiants qui textaient en marchant mentionnent avoir aperçu un clown sur un monocycle. Dans un deuxième temps, lorsqu'on leur demande s'ils n'ont pas remarqué un clown sur un monocycle durant leur marche, seulement 25% d'entre eux affirment l'avoir en effet vu. Ce résultat est significativement moindre que les deux autres groupes d'étudiants, où 61% des étudiants écoutant de la musique et 71% des étudiants discutant avec un collègue ont remarqué le clown durant leur marche. Une autre recherche montre que les participants qui discutent par

messaging texte repèrent moins d'objets dans leur environnement que ceux qui marchent simplement sans téléphone (Nasar et al., 2008). Le fait de texter en marchant réduit ainsi considérablement la possibilité d'apercevoir un stimulus présent dans l'environnement externe. Cette cécité d'inattention survient d'autant plus lorsque le participant doit faire un travail de mémorisation (Fougnie et Marois, 2007). Une étude démontre que lorsqu'on demande à des étudiants de compter le nombre de passes durant un match de basketball, ils ne remarquent généralement pas la mascotte déguisée en gorille passer dans les tribunes (Slavich et Zimbardo, 2013). Le phénomène se produit typiquement parce que trop d'éléments mobilisent l'attention de l'observateur et qu'un effort de mémorisation est requis.

Dans le contexte de l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant, les conséquences de cette cécité d'inattention impliquent automatiquement un risque d'accidents. Les individus manquent en effet plusieurs informations de leur environnement externe et sont moins aptes à anticiper certains dangers sur la route (Hyman et al., 2010). Leur attention se concentre sur l'information du téléphone qu'ils jugent plus pertinente, ignorant ainsi une grande partie des informations de son environnement externe.

Avec les avancées technologiques et les multiples tâches que nous permettent de faire un téléphone mobile, il est difficile de dire si l'effet de cécité d'inattention généré varie en fonction de la tâche faite sur le téléphone en marchant. Cependant, on peut déjà distinguer certaines activités générant une expérience optimale (état de flow) plus grande que d'autres. Une étude démontre que certaines activités génèrent une expérience optimale plus grande et peuvent faire perdre à l'utilisateur la notion du temps (Agarwal & Karahanna, 2000). Pour faire émerger de cette expérience optimale, l'activité doit créer un équilibre entre compétences et défis pour l'utilisateur et devenir ainsi intrinsèquement enrichissante (Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1992; Moneta et Csikszentmihalyi, 1996; Moneta et Csikszentmihalyi, 1999). Avoir un objectif spécifique et une réaction immédiate sur la performance de l'utilisateur augmente la probabilité d'atteindre cette expérience optimale (Csikszentmihalyi & LeFevre, 1989; Moneta et Csikszentmihalyi, 1996). L'utilisateur est ainsi complètement plongé dans son activité, totalement impliqué, positif, énergique et ressent un sentiment de plaisir, de satisfaction et de jeu (Webster, Trevino et Ryan, 1993). Une étude compare l'utilisation de la messagerie texte sur téléphone et les jeux vidéo sur console fixe et analyse les antécédents de l'expérience optimale générée par chacun de ces deux médias (Khang, Kim et Kim, 2013). Elle conclut que le temps passé sur le média, les traits individuels de l'utilisateur et ses motivations

personnelles à utiliser le média sont toutes des variables qui augmentent significativement l'expérience optimale générée par le média. Ces variables sont d'autant plus significatives pour prédire l'expérience optimale générée par le jeu vidéo que par la messagerie texte. Le jeu vidéo générerait ainsi une expérience optimale plus grande que la messagerie texte (Khang et al., 2013). L'étude explique ce résultat dû au fait que le jeu vidéo combine plusieurs médias dans un format unique, présentant à la fois du texte, du son et de la vidéo. Il requiert ainsi aux utilisateurs d'être hautement attentifs pour intégrer l'information et compléter avec succès la tâche demandée (Mayer, 1979).

Au vu de l'expérience optimale générée par le jeu comparativement à la messagerie texte, nous estimons que l'effet de cécité d'inattention est plus grand lorsque l'on joue en marchant plutôt que lorsque l'on texte en marchant. Cet effet de cécité d'inattention impliquant automatiquement un plus grand nombre de comportements dangereux et d'accidents, nous posons ainsi pour hypothèse :

H1 : Le fait de jouer à un jeu sur un téléphone mobile en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant.

2.3 Performance des experts et des novices

Le phénomène de la cécité d'inattention est affecté par des différences individuelles. Outre l'âge, des troubles comme l'autisme ou le fait d'être intoxiqué, l'expertise reste une variable notable de la cécité d'inattention permettant d'être plus attentif (Rizzo et al., 2009; Grandin et Johnson, 2005; Clifasefi, Takarangi et Bergman 2006). Par exemple, les experts en jeu vidéo, jouant au moins 4 jours par semaine, surpassent les joueurs novices dans diverses tâches d'attention visuelle de base (Green et Bavelier, 2003). Une recherche démontre aussi que les contrôleurs aériens professionnels ont de meilleurs résultats dans le suivi de cibles multiples que les novices (Allen, McGeorge, Pearson et Milne, 2004). L'expertise est donc associée à une meilleure performance sur des tâches d'attention de base, même si cette expertise démontrée n'est pas reliée spécifiquement aux tâches demandées. La formation est donc une opportunité de réduire le taux de cécité d'inattention (Richards, Hannon et Derakshan, 2010). Une recherche démontre en effet que les conducteurs policiers qualifiés arrivent à mieux scanner visuellement la route en conduisant que les conducteurs policiers novices (Underwood, 2007).

Enfin, l'expertise a été mise en avant dans un contexte de cécité d'inattention. Sur la base de l'étude du gorille faisant irruption lors du match de basketball (Simons et Chabris, 1999), une étude démontre que le degré d'expertise sportive permet de prédire l'effet de cécité d'inattention (Memmert, 2006). En effet, les auteurs indiquent que les experts en basketball étaient beaucoup plus susceptibles de remarquer le gorille que les novices en basketball. Les experts en basketball ne sont cependant significativement pas plus en mesure de compter précisément les passes que les novices. Les auteurs soutiennent que les experts en basketball ont acquis des compétences perceptuelles spéciales dans leur pratique qui leur permet de traiter des stimuli inattendus. Cette découverte implique que les experts en basketball peuvent assister plus largement à la scène ou pourraient compter les passes avec moins de ressources cognitives que les novices (Memmert, 2006). Une recherche ultérieure s'est basée sur ces derniers résultats pour comparer ces mêmes experts avec des experts d'un autre sport collectif que le basketball, des experts d'un sport individuel et des novices du sport en général (Memmert, Simons et Grimme, 2009). Les résultats démontrent que les experts d'un autre sport collectif que le basketball et d'un autre sport individuel ne performant pas mieux que les novices. Ensemble, ces résultats suggèrent ainsi que l'expertise dans un sport particulier peut permettre de mieux détecter des objets inattendus dans le contexte de ce sport particulier uniquement.

Au vu de l'effet de l'expertise sur la cécité d'inattention, nous posons ainsi pour hypothèse :

H2 : L'expertise a un effet négatif sur la réduction de comportements dangereux lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant.

2.4 Le travail de mémorisation

Afin d'accomplir plusieurs objectifs en même temps, un travail de mémorisation à court terme (working memory, WM) est nécessaire et doit s'intégrer de manière fluide avec l'attention (Gazzaley et Rosen, 2016). Ce travail de mémorisation permet de se souvenir brièvement d'informations ayant disparu de l'environnement externe afin de guider les actions subséquentes (Baddeley, 1986). Par exemple, on arrive souvent à se faire une représentation dans son esprit de toutes les formes, sons et odeurs des événements que nous vivons. Une fois que cet événement est modifié ou remplacé par un autre, c'est à ce moment que le travail de mémorisation à court terme entre en jeu et compare ces précédents événements avec la situation actuelle. Des données électroencéphalogrammes et par imagerie par résonance magnétique

fonctionnelle (fMRI) montrent de plus que la pertinence perçue d'un stimulus augmente la probabilité de s'en souvenir (Clapp, Rubens et Gazzaley, 2009).

Cependant, avec toutes les formes de distraction que nous vivons, il n'est pas rare d'arriver au travail ou dans un magasin et de réaliser n'avoir aucun souvenir de ce qu'on a vu ou entendu sur le chemin (Glatter, 2012). La raison principale de cette diminution de la performance de mémorisation est que le processus ne peut mémoriser qu'une quantité limitée d'informations et durant un temps restreint (Wager & Smith, 2003). Envoyer des messages textes sur un téléphone en marchant est considéré comme une distraction qui diminue notre performance de mémorisation (Smith, Isaac et Senette, 2011). En effet, c'est une activité qui est considérée comme une tâche cognitivement très demandante (Strayer et Drews, 2007).

La mémoire à court terme est une composante essentielle du modèle mental car elle permet par la suite le transfert de l'information vers la mémoire à long terme (Atkinson et Schiffrin, 1968). Le processus de travail de mémorisation est composé de plusieurs étapes et chacune est visible en analysant l'activité cérébrale. Dans un premier temps, durant la période de visualisation et de maintenance de l'information, on observe par analyse électroencéphalogramme une augmentation corrélée de l'activité de la bande alpha (8-12Hz) au niveau frontal du cortex cérébral avec le nombre d'items à mémoriser (Jensen, Gelfand, Kounios et Lisman, 2002). Par la suite, la partie préfrontale du cortex cérébral continue de s'activer dès lors que l'information n'est plus visuellement présente (Fuster et Alexander, 1971). À cette étape-ci, l'amplitude des oscillations de la bande thêta (4-7Hz) augmente avec la charge de mémoire (Jensen et Tesche, 2002) et progressivement à travers les essais (Onton, Delorme et Makeig, 2005). On aperçoit aussi que l'augmentation de la bande thêta est visible sur la ligne médiane frontale du cortex cérébral (Osipovo et al., 2006; Missonnier, et al. 2006). Cette activité lors de l'absence d'une stimulation visuelle est la représentation d'une signature neuronale d'un travail de mémorisation (Goldman-Rakic, 1995). Cette dernière recherche stipule aussi que plus la tâche principale est interrompue, plus la performance de mémorisation diminuera.

D'autres recherches ont étudié l'activité neuronale du cortex cérébral et démontrent que l'activité électroencéphalogrammes de la bande alpha est liée à la méditation, la créativité, le calme tandis que l'activité de la bande bêta est liée à des facteurs de concentration, d'éveil et de conscience (Rowland, Meile et Nicolaidis, 1985). Une augmentation de la bande alpha est aussi associée à un maintien accru de l'attention et à l'exécution du travail de mémorisation

(Klimesch, Sauseng et Hanslmayr, 2007) alors que qu'une augmentation de l'activité de la bande bêta est représentative d'un plus grand niveau d'alerte et de vigilance (Freeman, Mikulka, Prinzel, et Scerbo, 1999; Streitberg, Röhmel, Herrmann et Kubicki, 1987; Offenloch et Zahner, 1990; Lubar, 1991; Lubar, Swartwood, Swartwood, et O'Donnell, 1995). Finalement, une baisse du niveau de la bande bêta serait dû à un état d'absorption cognitive, soit un état où la personne serait dans un état plus relaxée et moins vigilante (Léger, Davis, Cronan et Perret, 2014). Ainsi, lorsqu'un individu devient plus calme, plus détendu et moins vigilant au cours d'une tâche, la bande alpha augmente et la bande bêta diminue (Berka et al., 2007 ; Davidson, Chapman J.P., Chapman L.J. et Henriques, 1990 ; Ray, 1990).

Au vu de l'expérience optimale générée par le jeu comparativement à la messagerie texte, nous estimons que l'effet de cécité d'inattention est plus grand lorsque l'on joue aux vidéos en marchant que lorsque l'on texte. Ainsi, nous formulons l'hypothèse que jouer à des jeux vidéo sur son téléphone en marchant rend plus difficile la perception et la mémorisation de stimuli de l'environnement externe. Cependant, étant donné que la réalité augmentée intègre l'environnement réel directement dans le jeu virtuel par le biais de la caméra du téléphone, il faut distinguer un jeu traditionnel d'un jeu doté de cette technologie. Nous prenons ainsi pour hypothèse que la réalité augmentée permet d'être plus conscient de l'environnement externe et facilite la perception et la mémorisation de stimuli externes. En lien avec ces dernières hypothèses, l'utilisateur est ainsi plus attentif et vigilant lorsqu'il joue à un jeu en marchant en utilisant la réalité augmentée et cet état psychophysologique sera visible en comparant les données électroencéphalogrammes. Nous posons ainsi pour hypothèses que :

H3 : La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus faible en jouant à un jeu sur un téléphone mobile en marchant qu'en textant en marchant.

H4 : La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus grande en utilisant la fonctionnalité de la réalité augmentée lorsqu'on joue sur un téléphone en marchant.

H5: Un individu est plus attentif et vigilant lorsqu'il joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant en utilisant la réalité augmentée que lorsqu'il joue à ce même jeu en marchant sans utiliser la réalité augmentée.

3. Méthode

Afin de tester nos hypothèses, nous avons mené une expérience à un facteur intra-sujet. Chaque participant devait effectuer trois tâches consécutives différentes sur un téléphone en marchant : texter, jouer à Pokémon Go avec la réalité augmentée et jouer à Pokémon Go sans la réalité augmentée. Dans l'ensemble, l'expérience a duré une heure. Elle s'est déroulée dans une zone piétonne d'une grande ville nord-américaine. Afin de fournir un degré plus élevé de validité écologique, aucun chemin n'était prédéfini. La majorité des participants ont dû passer par plusieurs obstacles comme différents passages piétons, un marché très fréquenté par les touristes et une zone piétonne où différents vélos, trains, rollers et kart se donnent la priorité. Les participants pouvaient marcher dans un parc ou sur le long d'un trottoir mais devaient rester dans la zone piétonne pour des raisons de sécurité. Les participants étaient suivis de près par 3 membres de l'équipe de recherche veillant à leur sécurité. Les membres de l'équipe étaient présents dans le cas où le participant s'avérait à traverser la route sans apercevoir une voiture proche mais n'ont pas dû intervenir. Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de notre institution universitaire.

3.1 Protocole détaillé

Nous avons demandé aux participants de faire une double tâche, soit de marcher le long de la zone piétonne tout en utilisant un téléphone mobile. Au total, trois tâches sur le téléphone ont été effectuées et la totalité de ces trois tâches a duré en moyenne 26 minutes. L'ordre de ces conditions était attribué de manière aléatoire entre chaque participant. Nous avons sciemment imposé les tâches de jeu plus longues que celle de texte afin de mettre l'accent sur les conditions de jeu et d'augmenter la validité des données. Dans la condition de texte, les participants ont dû discuter avec un assistant de recherche par messagerie texte. L'assistant a maintenu une conversation fluide en utilisant un ensemble prédéfini de questions ouvertes, tel que "Quel est votre film préféré ?" ou "Que comptez-vous faire aujourd'hui ?". Dans la condition de jeu, les participants ont dû attraper le maximum de Pokémon possibles. Tous les participants ont reçu l'instruction de marcher dans la zone publique tel qu'ils le feraient habituellement. Durant chaque condition, nous avons placé cinq affiches de la taille d'une feuille de format lettre devant le participant. Le participant devait mémoriser chacune des lettres et couleurs affichées. Après chaque condition, nous avons soumis le participant à un

questionnaire afin qu'il puisse écrire toutes les affiches qu'il avait mémorisées. Une bonne réponse était comptabilisée lorsque le participant mentionnait la bonne lettre et la bonne couleur. Chaque affiche était montrée dans un ordre aléatoire entre les participants. Le participant ne savait pas à quel moment l'affiche serait visible.

3.2 Participants

Notre échantillon comprend 18 participants (13 hommes, 5 femmes) ayant atteint différents niveaux de jeu dans Pokémon Go au moment de l'expérience. Tous ont rempli la condition de messagerie texte ainsi que celle de jeu sans réalité augmentée tandis que 17 d'entre eux ont complété la condition de jeu avec réalité augmentée. Un des participants a en effet oublié d'activer la fonctionnalité de la réalité augmentée durant l'expérience. Cet échantillon représente un total de 18 participants et 53 observations. Notre échantillon était composé de novices ayant téléchargé l'application il y a quelques semaines avant le jour de l'expérience. D'autres étaient des joueurs réguliers ayant atteint un niveau assez élevé pour être considérés comme expert dans le jeu Pokémon Go. Le recrutement a été effectué par le biais d'un panel étudiant et les participants ont reçu une indemnité de 20 \$ CA (environ 15 \$ US) après l'expérience. Pour être sélectionné, les participants ne devaient pas avoir de correction de vue ni d'avoir souffert d'épilepsie ou autre problème de santé neurologique ou psychiatrique afin d'assurer la qualité de nos données. Finalement, tous les participants de l'étude devaient avoir atteint le niveau 5 dans le jeu Pokémon Go afin d'être un minimum familier avec l'application mobile et l'utilisation de la réalité augmentée. Pour fins d'analyse, les participants ont été divisés en deux groupes selon leur niveau de jeu le jour de l'expérience dans Pokémon Go. Nous avons fixé la limite entre experts et novices au niveau 18 afin d'avoir deux groupes d'experts et de novices d'une taille égale. Ce niveau s'atteint généralement après plusieurs semaines de jeu et représente un niveau élevé. Une étude pilote avec 2 participants a été organisée pour valider la faisabilité de l'expérience en contexte réel et la clarté des données. L'âge moyen de nos participants est de 21,9 ans avec un écart-type de 2,6 ans. Le niveau moyen dans le jeu de Pokémon Go, représentant l'expertise du participant, est de 16 avec un écart-type de 8,1.

3.3 Matériel

Plusieurs instruments de mesure ont été utilisés durant cette expérience. Tout d'abord, les participants ont dû utiliser un iPhone 6 (Apple, Cupertino, USA) avec le même compte sur l'application Pokémon et le même niveau de difficulté (niveau 21). Deuxièmement, nous avons utilisé des lunettes culométriques Eye Tracking Glasses 2 (SMI, SensoMotoric Instruments, Berlin, Allemagne) pour suivre l'attention visuelle des participants. Troisièmement, nous avons utilisé deux caméras GoPro pour analyser les comportements des participants et les dangers potentiels dans leur environnement (GoPro, San Mateo, USA). Elles étaient portées par les assistants, offrant constamment une vue avant et arrière du participant. Finalement, un casque électroencéphalographique (Cognionics, San Diego, USA) sans fil composé de 64 canaux avec circuit de soustraction de bruit permettant l'enregistrement pendant la marche, a été utilisé pour calculer les fréquences des ondes cérébrales dans chaque condition.

3.4 Opérationnalisation des mesures

Afin de déterminer les dangers engendrés par chaque condition, nous avons utilisé les vidéos des caméras pour identifier tous les comportements dangereux. Nous avons conservé les cinq plus fréquents qu'ont fait les participants au cours de l'expérience. Ils sont décrits comme suit dans le tableau 1. Nous avons calculé la fréquence par minute de ces comportements dangereux pour chaque participant. Pour fins d'analyse pour chacun des cinq comportements et chacune des tâches, nous avons établi un code de «0» si le participant n'avait pas fait le comportement risqué en question au cours d'une minute de tâche et le code «1» si il l'avait fait au moins une fois au cours d'une minute de tâche.

Tableau 1 Comportements dangereux identifiés

Collision avec un piéton évitée de justesse	Le participant regarde son téléphone et doit modifier sa direction au dernier moment en pour éviter une collision.
Traverse une rue en regardant son téléphone	Le participant regarde son téléphone pendant qu'il traverse la rue.
Traverse une rue sans vérifier la route	Le participant ne regarde pas à gauche ou à droite avant de traverser la rue.
Évite un obstacle	Le participant évite de justesse un obstacle sur son chemin (lampadaire, banc, poubelle, etc).
S'arrête brusquement	Le participant s'arrête brusquement sur le trottoir sans regarder autour de lui.

Afin de mesurer l'attention du participant, nous avons utilisé des lunettes oculométriques pour calculer la moyenne des temps passés où le participant regarde son téléphone et où le participant regarde son environnement externe. Nous avons calculé par la suite la somme des temps pour chaque participant et chaque tâche.

Afin de mesurer la performance de mémorisation, nous avons comparé les cinq affiches montrées aléatoirement par condition avec les réponses du questionnaire distribué à la fin de chaque condition. Pour être considéré comme un stimulus mémorisé, le participant devait donner la bonne lettre et la bonne couleur pour chacune des affiches montrées.

Afin de comparer l'état psychophysologique du participant, nous avons utilisé un casque électroencéphalographique pour calculer les différences de potentiel entre une électrode active placée sur une zone active du cortex cérébral au-dessus du cuir chevelu et une électrode passive sur le lobe de l'oreille. Il est à noter que la plupart de la puissance du signal est inférieure à 100 microvolts et est attribuable à une oscillation inférieure à 30 Hz, spécifiquement la bande delta (1-4 Hz), la bande thêta (4-7 Hz), la bande alpha (8-12 Hz) et la bande bêta (13-30 Hz) (Remmers, 1972). Nous avons comparé l'activité électrique au sommet du cortex, site d'enregistrement Cz représentant l'électrode de référence, avec les autres zones du cortex cérébral via un casque EEG sans fil (Cognionics, San Diego, USA). L'impédance a été

maintenue en dessous de 50 k Ω avec une fréquence d'échantillonnage de 250 Hz. L'analyse des données a été réalisée avec Vision Analyzer 2 (Brain Products, Allemagne). Les données ont été filtrées hors ligne avec un filtre passe-bas IIR à 20 Hz et un filtre passe-haut IIR à 1 Hz. Une analyse indépendante des composants (ICA) a été appliquée pour atténuer le mouvement des clignements oculaires et des saccades oculaires dans les données EEG (Jung, 2000). L'activité cérébrale a été analysée avec une Fast Frequency Fourier (FFT) et comparée entre les trois conditions pour évaluer l'état général psychophysiologique du participant. Plusieurs filtres ont dû être utilisés afin de clarifier les données et certaines parties ont dû être retirées de l'analyse n'étant pas utilisables en raison d'artefacts externes.

4. Résultats

4.1. Résultats comportementaux (H1 et H2)

Nous avons comptabilisé le nombre de participants ayant fait chacun des comportements dangereux à la minute explicités plus tôt, tel que décrit dans le tableau 2 pour chaque condition.

Tableau 2 Nombre de participants ayant fait au moins une fois par minute le comportement dangereux en question dans chacune des conditions

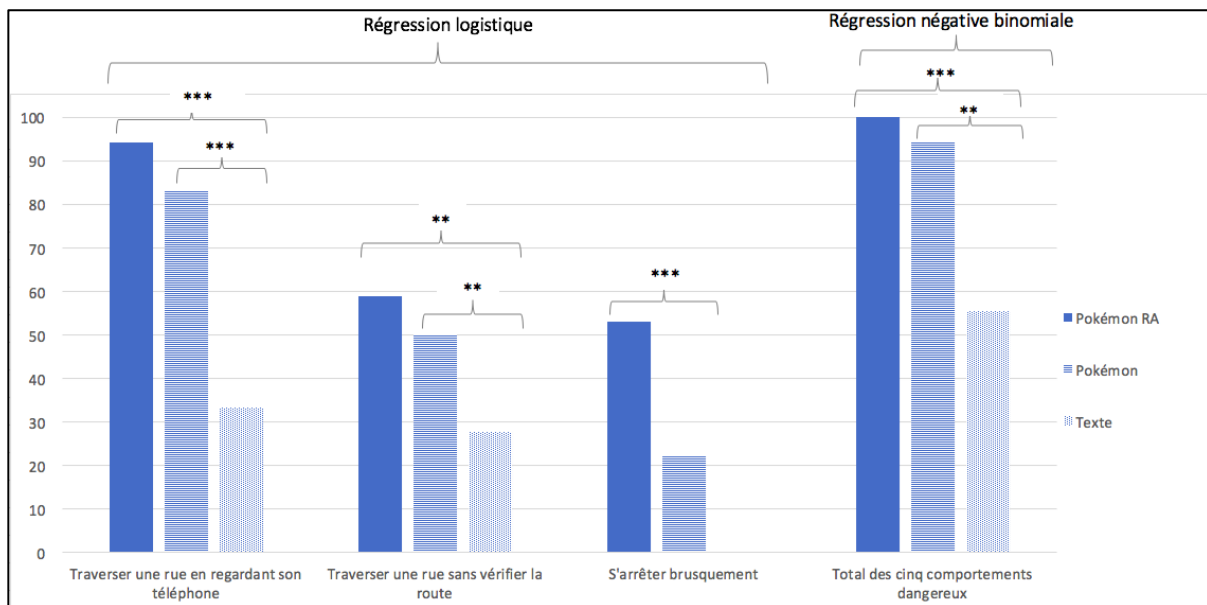
Nombre de participants ayant fait au moins une fois le comportement dangereux par minute en question	Texte	Pokémon Go sans RA	Pokémon Go avec RA
Collision avec un piéton évitée de justesse	3	1	2
Traverse une rue en regardant son téléphone	6	15	16
Traverse une rue sans vérifier la route	5	9	10
Évite un obstacle	4	1	1
S'arrête brusquement	0	4	9

Nous avons remarqué après l'analyse de nos données que la présence de comportement à risque était rare pour chaque minute de tâche. La principale cause est la durée relativement longue de nos tâches. Nous avons ainsi utilisé la régression logistique plutôt que la régression de Poisson

(Poisson, 1837) pour modéliser individuellement les comportements à risque. Le modèle de régression logistique modélise en effet la probabilité d'occurrence d'un événement mais ne tient pas compte du nombre d'événements observés (Menard, 2002). Ce modèle est donc moins précis mais plus robuste qu'un modèle de régression de Poisson. Concernant les risques globaux, représentant la somme de cinq types de comportements à risque individuels, le modèle de régression de Poisson ou le modèle de régression de logistique binomial négatif peuvent être tous les deux appropriés étant donné que l'occurrence des événements est assez grande. Nous avons choisi d'utiliser le modèle de régression de logistique binomial négatif afin de tenir compte de la dispersion excessive des données (Hilbe, 2011). Étant donné que chaque participant devait effectuer les trois tâches (Texte, Pokémon avec réalité augmentée, Pokémon sans réalité augmentée), un effet aléatoire *d'intercept* a été ajouté aux modèles de régression. Étant donné que toutes nos hypothèses sont seulement directionnelles et qu'on suppose que l'utilisation du téléphone influencera le comportement de l'utilisateur, nous avons choisi de faire un test *one-tailed*. La procédure GLIMMIX de SAS pour les modèles linéaires mixtes généralisés a été utilisée pour les modèles de régression.

Pour fins de clarté, nous présentons sur la figure 1 seulement les 3 comportements dangereux sur les 5 identifiés où on observe une différence significative entre deux conditions. La figure 1 présente en dernier lieu le risque global, correspondant quant à elle à la somme de tous les cinq comportements dangereux identifiés, pour chacune condition. Pour fins de compréhension, nous présentons sur cette figure 1 le pourcentage des participants ayant eu un ou plusieurs comportements dangereux.

Figure 1 Pourcentage de participants ayant fait au moins une fois un comportement dangereux
 * $p < 0,1$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$, one-tailed test



Par le biais de ces deux modèles de régression, on observe que le fait de jouer à Pokémon Go en marchant, avec et sans la réalité augmentée, induit une fréquence significativement plus grande de comportements dangereux par minute que lorsque l'on texte en marchant. Plus spécifiquement, on constate premièrement que la fréquence d'occurrence du comportement dangereux "Traverse une rue en regardant son téléphone" est significativement plus élevée lorsqu'ils jouent à Pokémon Go avec la réalité augmentée (94,12% des participants) qu'en textant (33,33% des participants) ($p=0,001$). Deuxièmement, on constate que la fréquence d'occurrence du comportement dangereux "Traverser la route en regardant son téléphone" est significativement plus élevée lorsqu'ils jouent à Pokémon Go sans la réalité augmentée (83,33% des participants) qu'en textant (33,33% des participants) ($p=0,001$). Troisièmement, on constate que la fréquence d'occurrence du comportement dangereux "Traverser la route sans regarder à droite et à gauche avant de traverser" est significativement plus élevée lorsqu'ils jouent à Pokémon Go avec la réalité augmentée (58,82% des participants) qu'en textant (27,78% des participants) ($p=0,012$). Quatrièmement, on constate que la fréquence d'occurrence du comportement dangereux "Traverser la route sans regarder à droite et à gauche avant de traverser" est significativement plus élevée lorsqu'ils jouent à Pokémon Go sans la réalité augmentée (50% des participants) qu'en textant (27,78% des participants) ($p=0,032$). Cinquièmement, on observe un nouveau comportement dangereux avec l'arrivée de Pokémon Go. On remarque que les participants s'arrêtent brusquement de marcher sur le trottoir sans vérifier autour de soi pour attraper ou chercher un Pokémon. Ce comportement risqué ne se

produit pas lorsque les participants texting sur leur téléphone. De plus, on constate que la fréquence d'occurrence du comportement dangereux "S'arrêter brusquement" est significativement plus élevée lorsqu'ils jouent à Pokémon Go avec la réalité augmentée (52,94% des participants) que lorsqu'ils jouent sans la réalité augmentée (22,22% des participants) ($p=0,007$). Finalement, nous avons analysé le danger global que comporte chaque condition en additionnant les cinq comportements dangereux. On constate que la fréquence d'occurrence d'un comportement dangereux est significativement plus élevée lorsqu'ils jouent à Pokémon Go avec la réalité augmentée (100% des participants, soit tous ont au moins fait un comportement dangereux durant la tâche) qu'en textant (55,56%) ($p=0,001$). On retrouve la même réalité lorsque l'on compare les participants ayant eu au moins un comportement dangereux lorsqu'ils jouent à Pokémon sans la réalité augmentée (94,44% des participants) qu'en textant (55,56% des participants) ($p=0,017$).

Nous pouvons ainsi supporter notre **hypothèse 1** et conclure que **le fait de jouer à un jeu sur un téléphone mobile en marchant génère significativement plus de comportements dangereux que de texter en marchant.**

Nous avons par la suite divisé notre échantillon en deux groupes de nombre semblablement égal pour identifier les experts des novices, en se basant sur leur niveau de jeu dans Pokémon Go afin de tester l'hypothèse 2. Il est à noter qu'un de nos critères de sélection était d'avoir atteint le niveau 5 afin d'être un minimum familier au jeu. Dans le tableau 3, nous présentons les moyennes d'occurrence de chaque comportement dangereux des experts et des novices pour chacune des deux conditions de jeu. Étant donné que toutes nos hypothèses sont seulement directionnelles et qu'on suppose que l'expertise de l'utilisateur influencera son comportement, nous avons choisi de faire un test *one-tailed* de Wilcoxon pour présenter la différence de performance entre les deux groupes.

Tableau 3 Différence entre experts et novices de l'occurrence de chaque comportement dangereux lors des conditions de jeu en marchant, one-tailed test

	Pokémon RA		Différence	Pokémon		Différence
	Moyenne			Moyenne		
	Experts	Novices		Experts	Novices	
	N=9	N=8	N=9	N=8		
Collision avec un piéton évitée de justesse	0,22	0,25		0,20	0,00	
Traverse une rue en regardant son téléphone	2,00	1,5		1,6	2,00	
Traverse une rue sans vérifier la route	0,89	1,38		0,6	1,38	
Évite un obstacle	0,00	0,13		0,00	0,13	
S'arrête brusquement	0,78	4,13	p<0,01	0,00	1,88	p<0,01
Danger global	4,56	7,88		2,7	5,88	

On remarque que la différence entre les deux groupes est significative pour seulement un comportement dangereux parmi les cinq identifiés. Nous pouvons ainsi conclure que les joueurs novices de Pokémon Go sont significativement plus propices à s'arrêter brutalement pour attraper ou chercher leur Pokémon lorsqu'ils jouent à Pokémon Go, quelque soit leur utilisation de la réalité augmentée. La différence d'occurrence entre les experts et les novices est seulement significative pour ce comportement dangereux spécifique. L'expertise semble ainsi jouer un rôle assez mineur car elle ne permet pas de réduire la fréquence d'autres

comportements dangereux. On remarque de plus qu'aucun expert ne s'est arrêté brutalement pour attraper ou chercher un Pokémon lors de notre expérience lorsqu'il jouait sans utiliser la réalité augmentée. Un effet d'apprentissage serait ainsi visible dans l'utilisation en marchant d'un jeu doté de la réalité augmentée.

Nous pouvons ainsi partiellement supporter notre **hypothèse 2**, et conclure que **l'expertise n'a que peu d'effet négatif sur la réduction de comportements dangereux lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant.**

4.2 Résultats sur la performance de mémorisation (H3-H4)

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à l'attention que porte l'utilisateur à son téléphone et à son environnement externe. En utilisant les données acquises par les lunettes oculométriques, nous avons calculé le temps passé lorsque le participant regarde son téléphone dans chacune condition. Le participant passe en moyenne 56,44% du temps à regarder l'écran de son téléphone en jouant à Pokémon Go sans réalité augmentée, 58,05% en textant et 61,90% du temps en jouant à Pokémon Go avec la réalité augmentée. À l'aide d'un test statistique de Wilcoxon, nous avons fait la comparaison des conditions de jeu avec réalité augmentée et celle de texte avec celle de jeu sans la réalité augmentée. Cette comparaison permet en effet d'analyser à la fois si l'utilisateur perçoit plus de stimuli en jouant plutôt qu'en textant tout en analysant l'influence de la réalité augmentée. Étant donné que toutes nos hypothèses sont seulement directionnelles et qu'on suppose que l'utilisation du téléphone influencera l'attention de l'utilisateur, nous avons choisi de faire un test *one-tailed*. Cependant, aucun résultat significatif ne nous permet de conclure que le participant regarde significativement plus son téléphone dans en jouant à un jeu qu'en textant ($p=0,325$) ou que la réalité augmentée ait une influence sur l'attention que porte l'utilisateur à son téléphone ($p=0,197$).

Toujours dans l'objectif d'analyser l'attention que porte les participants envers leur environnement externe, nous avons calculé la performance de mémorisation des affiches des participants lors des trois conditions en comparant les affiches réellement montrées et leurs réponses du sondage distribué à la fin de chaque tâche. Les résultats présentés dans le tableau 4 montrent que les participants de l'étude ont perçus et mémorisé 72% des affiches lorsqu'ils jouaient à Pokémon Go avec la réalité augmentée. Ce score est de 66% durant la condition de texte et de 59% lors de la condition de jeu sans réalité augmentée.

Tableau 4 Résultat des affiches mémorisées pour tous les participants dans chacune des conditions

	Nombre total d'affiches mémorisées par minute	Nombre total d'affiches montrées	Pourcentage d'affiches mémorisées
Texte	0,32	53	66%
Pokémon sans RA	0,28	86	59%
Pokémon avec RA	0,35	83	72%

Afin de savoir si les participants ont perçu et mémorisé significativement plus d'affiches lors d'une condition plutôt qu'une autre, nous avons fait un test de Wilcoxon en comparant les conditions de jeu avec réalité augmentée et celle de texte avec celle de jeu sans la réalité augmentée. Cette comparaison permet en effet d'analyser à la fois si l'utilisateur perçoit plus de stimuli en jouant plutôt qu'en textant tout en analysant l'influence de la réalité augmentée. Étant donné que toutes nos hypothèses sont seulement directionnelles et qu'on suppose que l'utilisation du téléphone influencera l'attention de l'utilisateur et sa performance de mémorisation, nous avons choisi de faire un test *one-tailed*. Les résultats de ce *one-tailed test* de Wilcoxon sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 Comparaison des affiches mémorisées en fonction de la condition de jeu sans utiliser la réalité augmentée¹

Condition	Pokémon	Texte	Pokémon RA
Moyenne	0,59	0,66*	0,72**
Écart-type	0,49	0,48	0,45
P-value de la comparaison avec la condition Pokémon	-	0,086	0,019

On peut ainsi conclure que la performance de mémorisation des participants est significativement plus élevée en utilisant la réalité augmentée, avec un score de 72% d'affiches mémorisées, qu'en jouant sans la réalité augmentée (59%; $p=0,019$). On estime en effet que le

¹ * $p < 0,01$ ** $p < 0,05$, one-tailed test

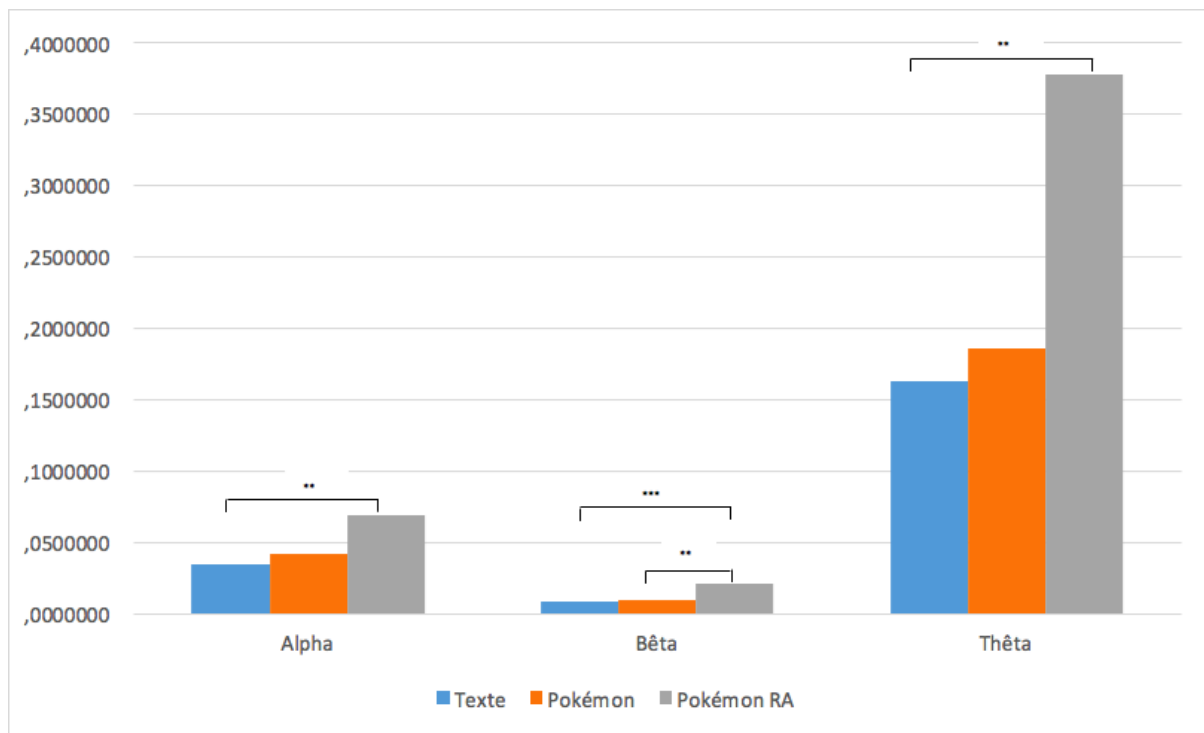
participant a 2,328 fois plus de chance de se souvenir du stimulus avec la réalité augmentée que sans. Cependant, bien que la moyenne de la performance de mémorisation lors de la tâche de texte soit plus grande que celle de la tâche de jeu sans réalité augmentée, aucune différence significative n'est visible entre ces deux conditions bien que ce résultat soit intéressant ($p=0,086$). Finalement, aucune différence significative n'a été notée lors de la comparaison des tâches de texte et de jeu avec réalité augmentée. On ne peut donc conclure que texter en marchant permet de percevoir et de se souvenir significativement plus de stimuli que lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone en marchant.

On ne peut donc pas supporter notre **hypothèse 3**, et conclure que **la probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus faible en jouant à un jeu sur un téléphone mobile en marchant qu'en textant en marchant** car la différence entre les deux groupes (i.e., Texte vs. Pokemon) n'est pas significatif bien que les moyennes de chacune des deux conditions aillent dans ce sens. Cependant, on peut supporter notre **hypothèse 4**, et conclure que **la probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus grande en utilisant la fonctionnalité de la réalité augmentée lorsqu'on joue sur un téléphone en marchant**.

4.3 Résultats cognitifs (H5)

Nous avons choisi de comparer les 2.5 dernières minutes de chaque condition étant donné que c'est à ce moment qu'un effet d'apprentissage peut apparaître. C'est aussi à ce moment où l'effort de mémorisation est le plus important étant donné le nombre plus élevé d'affiches à retenir en fin de tâche. Nous avons comparé les moyennes de la puissance des oscillations des deux électrodes Fp1 et Fp2 placées sur la zone préfrontale du cortex cérébral étant donné que ce sont ces électrodes qui captent la zone préfrontale du cortex cérébral s'activant dès qu'un effort de mémorisation est requis et qu'un état de vigilance est maintenu (Fuster et Alexander, 1971; Jensen et al., 2002; Charron et Koechlin, 2010; Berka et al., 2007; Freeman et al., 1999; Streitberg et al., 1987). Ces résultats, présentés sur la figure 2, décrivent la moyenne de la puissance des oscillations des bandes alpha, bêta et thêta lors des 2.5 dernières minutes de chaque tâche.

Figure 2 Moyenne des oscillations des électrodes Fp1 et Fp2 lors des 2,5 dernières minutes de chaque condition²



Afin de comparer les différentes oscillations des bandes selon les trois conditions, nous avons choisi de faire un test de Wilcoxon. Étant donné que toutes nos hypothèses sont seulement directionnelles et qu'on suppose que l'utilisation du téléphone influencera l'attention et la vigilance de l'utilisateur et son état physiopsychologique, nous avons choisi de faire un test *one-tailed*. Les résultats indiquent que l'activité de la bande alpha enregistrée durant la fin de la tâche de jeu avec la réalité augmentée est significativement plus élevée qu'à la fin de la tâche de texter ($p=0,028$). On peut donc en déduire que le joueur est significativement plus attentif lorsqu'il joue avec la réalité augmentée étant donné que la bande alpha est associée à l'attention (Klimesch, Sauseng et Hanslmayr, 2007). Quant à la bande bêta, les résultats indiquent que l'activité de cette bande durant la fin de la tâche de jeu avec la réalité augmentée est significativement plus élevée qu'à la fin de la tâche de texter ($p=0,01$). De plus, les oscillations de la bande bêta sont significativement plus élevées en jouant avec la réalité augmentée que sans ($p=0,039$). En se reposant sur les conclusions de recherches précédents démontrant qu'une augmentation de l'activité de la bande beta est représentative d'un plus grand niveau d'alerte et de vigilance (Freeman et al., 1999; Streitberg et al., 1987; Offenloch et Zahner, 1990; Lubar,

² ** $p < 0,5$ *** $p < 0,01$, one-tailed test

1991; Lubar et al., 1995), on peut donc en déduire que la réalité augmentée permet à la marge d'être plus alerte et vigilant. De plus, les oscillations de la bande thêta sont significativement plus élevées en jouant avec la réalité augmentée qu'en textant ($p=0,02$). En se reposant sur les conclusions de recherches précédents démontrant qu'une augmentation de l'activité de la bande thêta est associé à un plus grand niveau d'effort de mémorisation (Jensen et Tesche, 2002 ; Onton et al., 2005 ; Osipovo et al., 2006; Missonnier, et al. 2006 ; Goldman-Rakic, 1995), on peut donc en déduire que la réalité augmentée génère plus de charge de mémoire et de travail de mémorisation.

Nos résultats supportent l'**hypothèse 5**, étant donné que **les bandes alpha, bêta et thêta de la zone préfrontale**, notamment captées par les électrodes Fp1 et Fp2, **du cortex cérébral associées respectivement aux à l'attention, au niveau d'alerte et de vigilance et aux différentes phases de mémorisation et sont significativement plus actives lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile avec la réalité augmentée que lorsque l'on joue à ce même jeu sans la réalité augmentée.**

5. Discussion

Les résultats de cette étude permettent d'apporter des conclusions tant sur les aspects comportementaux, attentionnels que cognitifs. Cette étude démontre que le fait de jouer à un jeu sur son téléphone en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant (H1). De plus, on aperçoit que le fait de jouer à Pokémon Go apporte un nouveau comportement dangereux, soit de s'arrêter brusquement pour chercher et attraper son Pokémon, comportement que ne font habituellement pas les utilisateurs de la messagerie. On remarque de plus que l'expertise n'a que peu d'effet négatif sur la réduction de comportements dangereux lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant, étant donné qu'elle permet de réduire significativement seulement le fait de s'arrêter brutalement pour attraper un Pokémon (H2). Quant aux résultats attentionnels, bien que cette étude ne permette pas de conclure que la probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus faible en jouant à un jeu sur un téléphone mobile en marchant qu'en textant en marchant (H3), elle permet de conclure que la probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus grande en utilisant la fonctionnalité de la réalité augmentée lorsqu'on joue sur un téléphone en marchant (H4). La technologie de la réalité augmentée permet ainsi d'être plus conscient de son environnement

externe bien que de jouer à un jeu en marchant reste un comportement dangereux. Finalement, quant aux résultats cognitifs, cette étude permet de conclure que la réalité augmentée permet à l'utilisateur d'être significativement plus attentif et vigilant (H5). En résumé, jouer en marchant sur son téléphone reste plus dangereux que texter en marchant mais l'apport de la nouvelle technologie de la réalité augmentée semble permettre de rester plus conscient de l'environnement externe.

D'un point de vue théorique, cette étude contribue à la littérature sous-jacente à la question de recherche tant sur les thèmes du multitâche, de la cécité d'inattention et de la neuroscience. Premièrement, cette étude permet d'approfondir les recherches antérieures sur le multitâche (Strayer et Drews, 2007). Elle confirme que malgré leur perception, le fait de faire deux tâches en même temps diminue la productivité de l'utilisateur dans chacune des deux tâches (Charron et Koechlin, 2010). En diminuant l'attention de l'utilisateur en contexte urbain, ce manque de productivité peut même s'avérer dangereux car l'utilisateur ne peut pas anticiper les dangers environnants. Cette étude explique donc les conséquences directes du "dual tasking" (Salvucci et Taatgen, 2008) et du coût du changement (Monsell, 2003). Elle confirme de plus que le téléphone mobile est une des causes de la hausse de ces dernières années d'accidents de piétons (Nasar et Troyer, 2013). De plus, contrairement aux études antérieures qui s'étaient concentrées sur l'analyse de la messagerie texte (Hyman et al., 2010; Nasar et al., 2008; Hatfield et Murphy, 2007; Schwebel et al. 2012; Byington et Schwebel, 2013; Stavrinos, Byington et Schwebel, 2009), cette étude compare différentes applications utilisées habituellement sur son téléphone et ses conclusions laisse croire que la sécurité de l'utilisateur est corrélée avec le type d'application utilisée. Cependant, cette étude ne semble pas confirmer les recherches précédentes sur l'effet notable de l'expertise sur la performance de l'utilisateur (Green et Bavelier, 2003; Allen et al., 2004; Richards, et al., 2010; Underwood, 2007; Simons et Chabris, 1999; Memmert, 2006; Memmert, Simons et Grimme, 2009). Deuxièmement, cette étude approfondit les connaissances sur la cécité d'inattention (Mack et Rock, 1998) en analysant le phénomène dans un contexte d'utilisation de téléphone en marchant. Elle se base sur la méthode des recherche antérieures mettant en scène différents stimuli et dangers à repérer (Hyman et al., 2010; Nasar et al., 2008) et approfondit le sujet en analysant pour la première fois un jeu sur application mobile et en le comparant à la messagerie texte et la récente technologie de la réalité augmentée. Elle semble ainsi supposer que l'effet de cécité d'inattention induit par une application est corrélée avec l'expérience optimale générée par l'équilibre entre compétences, défis plaisir et satisfaction

(Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1992; Moneta et Csikszentmihalyi, 1996; Moneta et Csikszentmihalyi, 1999; Webster, Trevino et Ryan, 1993; Khang et al., 2013; Mayer, 1979). Finalement, cette recherche mesure pour la première fois en contexte réel l'état psychophysiologique d'un utilisateur de téléphone en marchant par le biais de plusieurs tests neurophysiologiques. L'apport du casque électroencéphalographique et des lunettes oculométriques permettent d'analyser l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant en contexte réel et apporte de nouvelles données sur l'attention et la vigilance de l'utilisateur. En se basant sur les recherches antérieures du cortex cérébral et l'état psychophysiologique associé à chacune des bandes de fréquences (Rowland et al., 1985; Klimesch et al., 2007; Freeman et al., 1999; Berka et al., 2007 ; Davidson et al., 1990 ; Ray, 1990), elle permet d'analyser l'attention et la vigilance d'un utilisateur de téléphone mobile en marchant. À notre connaissance, cette étude est la première à analyser tant les aspects comportementaux, attentionnels et cognitifs d'un utilisateur de téléphone mobile en marchant en contexte réel.

D'un point de vue pratique, cette étude conclut que les applications actuelles ne sont pas conçues pour assurer la sécurité de l'utilisateur dans un contexte d'utilisation en marchant. Cette étude recommande ainsi aux développeurs d'applications mobiles de prendre en compte la sécurité de l'utilisateur comme une priorité dans la conception de leur produit. Les résultats de cette étude montrent qu'intégrer la technologie de la réalité augmentée dans des applications de messagerie texte pourrait permettre à l'utilisateur d'être plus attentif et vigilant aux dangers environnants. Cette étude recommande de plus à Niantic et Pokémon Go d'insérer un message "REGARDE AUTOUR DE TOI AVANT D'ATTRAPER CE POKÉMON" dans son jeu afin de réduire les accidents que peut causer le fait de s'arrêter brusquement pour attraper un Pokémon. Finalement, cette étude permettra de contribuer aux débats publics, médiatiques et à l'établissement de législations et de politiques publiques quant au fait d'utiliser son téléphone en marchant.

Il est cependant à noter plusieurs limites de cette étude. Premièrement, il est à noter que l'expérience s'est déroulée sur plusieurs semaines. Certains artefacts ont rendu l'analyse des données électroencéphalogrammes difficiles et certaines ont dû être retirées. On peut ainsi expliquer le manque de puissance dans nos résultats cognitifs dû au nombre restreint de sujets et à la courte durée d'enregistrement. Deuxièmement, il est bon de noter qu'un biais de sélection est possible dû à la sélection de participants généralement âgés entre 19 et 25 ans. Nos participants représentent donc seulement une partie du public cible adepte de l'utilisation

d'un téléphone en marchant. Troisièmement, un biais de classement doit être pris en compte lors de notre définition de l'expertise des utilisateurs de Pokémon Go. Nous avons choisi le niveau 18 comme limite entre les groupes experts et novices afin d'avoir deux groupes d'un nombre égal mais aucun autre élément permet de dissocier un expert d'un novice du jeu Pokémon Go. Finalement, on peut déceler un possible biais de confusion étant donné que les comportements dangereux dépendent de l'environnement externe et de la fréquence des dangers externes comme celle des voitures ou des autres passants. Notre expérience s'étant déroulée sur plusieurs semaines, l'environnement et la fréquence des dangers potentiels n'était donc pas identiques pour tous les participants de notre étude. D'autres études devraient ainsi continuer d'approfondir le sujet.

Pour conclure, nous pouvons dorénavant répondre à la question de recherche de cette étude et affirmer que jouer sur son téléphone en marchant occasionne plus de comportements dangereux que de texter en marchant quelque soit l'expertise de l'utilisateur dans le jeu. Cependant, la fonctionnalité de la réalité augmentée peut permettre à l'utilisateur d'être plus attentif aux dangers environnants et peut permettre de réduire le nombre de comportements dangereux générés par l'utilisation d'un téléphone en marchant.

Bibliographie

Agarwal Ritu et Elena Karahanna (2000). Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS quarterly*, p. 665-694.

Allen, R., McGeorge, P., Pearson, D., & Milne, A. B. (2004). Attention and expertise in multiple target tracking. *Applied Cognitive Psychology*, vol. 18, no 3, p. 337-347.

Atkinson, Richard C. et Richard M. Shiffrin (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of learning and motivation*, 1968, vol. 2, p. 89-195.

Baddeley, A. (1986). Oxford psychology series, No. 11. Working memory.

BBC (2016). Pavement lights guide 'smartphone zombies', BBC. récupéré le 16 février 2016 de <http://www.bbc.com/news/technology-38992653>

Berka, C., Levendowski, D. J., Lumicao, M. N., Yau, A., Davis, G., Zivkovic, V. T., et Craven, P. L. (2007). EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. *Aviation, space, and environmental medicine*, vol. 78, no 5, p. 231-B244.

BFM TV (2016). Aux Etats-Unis, écrire un SMS en marchant pourrait vous envoyer en prison, BFM TV. récupéré le 29 mars 2016 de <http://hightech.bfmtv.com/produit/aux-etats-unis-ecrire-un-sms-en-marchant-pourrait-vous-envoyer-en-prison-962753.html>

Biseria, Apoorva et Anunay Rao (2016). "Human Computer Interface-Augmented Reality", *International Journal of Engineering Science*, vol. 6. no 8, p. 2594-2595.

Byington, Katherine W. et David C. Schwebel (2013). Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 51, p. 78-83.

Charron, Sylvain et Etienne Koechlin (2010). Divided representation of concurrent goals in the human frontal lobes. *Science*, vol. 328, no 5976, p. 360-363.

City News (2016). Trending: Should texting while walking be banned ?, City News. récupéré le 29 mars 2016 de <http://www.citynews.ca/2016/03/29/trending-should-texting-while-walking-be-banned/>

Clapp, W. C., Rubens, M. T., & Gazzaley, A. (2009). Mechanisms of working memory disruption by external interference. *Cerebral Cortex*, vol. 20, no 4, p.859-872.

Clifasefi, S. L., Takarangi, M. K., & Bergman, J. S. (2006). Blind drunk: The effects of alcohol on inattention blindness. *Applied cognitive psychology*, vol. 20, no 5, p. 697-704.

Csikszentmihalyi Mihaly et Isabella Selega Csikszentmihalyi (1992). *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*. Cambridge university press.

Csikszentmihalyi Mihaly et Judith Lefevre (1989). Optimal experience in work and leisure. *Journal of personality and social psychology*, vol. 56, no 5, p. 815.

Davidson, R. J., Chapman, J. P., Chapman, L. J., & Henriques, J. B. (1990). Asymmetrical Brain Electrical Activity Discriminates Between Psychometrically-Matched Verbal and Spatial Cognitive Tasks. *Psychophysiology*, vol. 27, no 5, p. 528-543.

Fougnie, Daryl et René Marois (2007). Executive working memory load induces inattention blindness. *Psychonomic bulletin & review*, vol. 14, no 1, p. 142-147.

Freeman, F. G., Mikulka, P. J., Prinzel, L. J., & Scerbo, M. W. (1999). Evaluation of an adaptive automation system using three EEG indices with a visual tracking task. *Biological psychology*, vol. 50, no 1, p.61-76.

Fuster, Joaquin M., Garrett E., Alexander (1971). Neuron activity related to short-term memory. *Science*, vol. 173, no 3997, p. 652-654.

Gartner (2016, 18 février). Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Grew 9.7 Percent in Fourth Quarter of 2015, Gartner. récupéré le 18 février 2017 de

<http://www.gartner.com/newsroom/id/3215217>

Gazzaley, Adam, et Larry D. Rosen (2016). *The Distracted Mind: Ancient Brains in a High-Tech World*. MIT Press.

Glatter, R. (2012). "Texting While Walking? Think Twice". *Forbes* récupéré le 31 juillet 2012 de <https://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=https://www.forbes.com/sites/robertglatter/2012/07/31/texting-while-walking-think-twice/&refURL=https://www.google.ca/&referrer=https://www.google.ca/>

Goldman-Rakic, Patricia S. (1995). Cellular basis of working memory. *Neuron*, vol. 14, no 3, p. 477-485.

Green, C. Shawn et Daphne Bavelier (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, vol. 423, no 6939, p. 534-537.

Griffin A. (2016). Pokémon Go: Trainer who became first in UK to catch 'em all lost two stone while doing so, *Independent*. récupéré le 29 juillet 2016 de www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/gaming/pokemon-go-man-loses-two-stone-while-becoming-first-to-catch-all-143-creatures-in-uk-a7161606.html.

Grohol, J. (2016). Pokémon Go reportedly helping people's mental health, depression. *World of Psychology*.

Hatfield, Julie et Susanne Murphy (2007). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. *Accident analysis & prevention*, vol. 39, no 1, p. 197-205.

Hilbe, J. M. (2011). *Negative binomial regression*. Cambridge University Press.

Hyman, I. E., Boss, S. M., Wise, B. M., McKenzie, K. E., et Caggiano, J. M. (2010). Did you see the unicycling clown? Inattention blindness while walking and talking on a cell phone. *Applied Cognitive Psychology*, 24(5), 597-607.

IGeneration (2016). Pokémon GO : 100 millions de téléchargements et des restrictions pour les apps tierces, IGeneration. récupéré le 2 août 2016 de <http://www.igen.fr/app-store/2016/08/pokemon-go-100-millions-de-telechargements-et-des-restrictions-pour-les-apps>

Jensen, O., Gelfand, J., Kounios, J., & Lisman, J. E. (2002). Oscillations in the alpha band (9–12 Hz) increase with memory load during retention in a short-term memory task. *Cerebral cortex*, 12(8), 877-882.

Jensen, Ole et Claudia D. Tesche, (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European journal of Neuroscience*, vol. 15, no 8, p. 1395-1399.

Khang, H., Kim, J. K., & Kim, Y. (2013). Self-traits and motivations as antecedents of digital media flow and addiction: The Internet, mobile phones, and video games. *Computers in Human Behavior*, vol. 29, no 6, p.2416-2424.

Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain research reviews*, vol. 53, no 1, p. 63-88.

Koch, Christof et Naotsugu Tsuchiya (2007). Attention and consciousness: two distinct brain processes. *Trends in cognitive sciences*, vol. 11, no 1, p. 16-22.

Labonté-LeMoyne, E., Léger P.M., Sénécal S., Santhanam R. (2016). Physical interaction with technology: kinesiology as a reference discipline for information systems research, Thirty Seventh International Conference on Information Systems, Dublin

Lapointe, L., Boudreau-Pinsonneault, C., et Vaghefi, I. (2013) “Is smartphone usage truly smart? A qualitative investigation of IT addictive behaviors.” *System Sciences (HICSS)*, 2013 46th Hawaii International Conference, p. 1063-1072.

Léger, P. M., Davis, F. D., Cronan, T. P., & Perret, J. (2014). Neurophysiological correlates

of cognitive absorption in an enactive training context. *Computers in Human Behavior*, vol. 34, p. 273-283.

Lubar, Joel F. (1991). Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. *Biofeedback and Self-regulation*, vol. 16, no 3, p. 201-225.

Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & O'Donnell, P. H. (1995). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in TOVA scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, vol. 20, no 1, p.83-99.

Mack, Arien et Irvin Rock (1998). *Inattention blindness*. Cambridge, MIT press.

Mayer, Richard E. (1979). Can advance organizers influence meaningful learning?. *Review of educational research*, vol. 49, no 2, p. 371-383.

Memmert, Daniel. (2006). The effects of eye movements, age, and expertise on inattention blindness. *Consciousness and cognition*, vol. 15, no 3, p. 620-627.

Memmert, D., Simons, D. J., & Grimme, T. (2009). The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise*, vol. 10, no 1, p.146-151.

Menard, S. (2002). *Applied logistic regression analysis*, Sage, vol. 106.

Missonnier, P., Deiber, M. P., Gold, G., Millet, P., Pun, M. G. F., Fazio-Costa, L., et Ibáñez, V. (2006). Frontal theta event-related synchronization: comparison of directed attention and working memory load effects. *Journal of neural transmission*, vol. 113, no 10, p. 1477-1486.

Moneta Giovanni B. et Mihaly Csikszentmihalyi (1996). The effect of perceived challenges and skills on the quality of subjective experience. *Journal of personality*, vol. 64, no 2, p. 275-310.

Moneta Giovanni B. et Mihaly Csikszentmihalyi (1999). Models of concentration in natural environments: A comparative approach based on streams of experiential data. *Social Behavior and Personality: an international journal*, vol. 27, no 6, p. 603-637.

Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in cognitive sciences*, vol. 7, no 3, p.134-140.

Nasar, J., Hecht, P., et Wener, R. (2008). Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. *Accident analysis & prevention*, vol. 40, no 1, p. 69-75.

Nasar, Jack L. et Derek, Troyer (2013). "Pedestrian injuries due to mobile phone use in public places." *Accident Analysis & Prevention*, vol. 57, p. 91-95.

NHTSA. (2016). Pedestrian safety, Département des Transports des États-Unis, NHTSA. récupéré le 15 juillet 2017 de <https://www.nhtsa.gov/road-safety/pedestrian-safety>

Offenloch Kurt et Gisela Zahner (1990). Computer aided physiological assessment of the functional state of pilots during simulated flight. Université de Francfort

Onton, J., Delorme, A., & Makeig, S. (2005). Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*, vol. 27, no 2, p. 341-356.

Osipova, D., Takashima, A., Oostenveld, R., Fernández, G., Maris, E., & Jensen, O. (2006). Theta and gamma oscillations predict encoding and retrieval of declarative memory. *Journal of neuroscience*, vol. 26, no 28, p 7523-7531.

Paris Match (2016). "Pokémon Go" : 5 histoires déjà incontournables qui vont se répéter, Paris Match. récupéré le 19 juillet 2016 de <http://www.parismatch.com/Vivre/High-Tech/Pokemon-Go-5-histoires-deja-incontournables-qui-vont-se-repeter-1020316>

Parr, N. D., Hass, C. J., et Tillman, M. D. (2014). Cellular phone texting impairs gait in able-bodied young adults. *Journal of applied biomechanics*, vol. 30, no 6, p.685-688.

Pashler, Harold (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, vol. 116, no 2, p. 220.

Ray, W. J. (1990). The electrocortical system. In J. T. Cacioppo & L. Tassinary (Eds.), *Principles of psychophysiology: physical, social, and inferential elements* Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. p 385–412.

Richards, A., Hannon, E. M., & Derakshan, N. (2010). Predicting and manipulating the incidence of inattentive blindness. *Psychological research*, vol 74, no 6, p. 513-523.

Rizzo, M., Sparks, J., McEvoy, S., Viamonte, S., Kellison, I., & Vecera, S. P. (2009). Change blindness, aging, and cognition. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, vol. 31, no 2, p.245-256.

Rogers, Robert D. et Stephen Monsell (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of experimental psychology: General*, vol. 124, no 2, p. 207.

Rowland, N., Meile, M. J., & Nicolaidis, S. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, vol. 228, no 4700, p.750-752.

Salvucci, Dario D. et Niels A. Taatgen (2008). Threaded cognition: an integrated theory of concurrent multitasking. *Psychological review*, vol. 115, no 1, p. 101.

Salvucci, Dario D., Niels A. Taatgen, et Jelmer P. Borst (2009). Toward a unified theory of the multitasking continuum: From concurrent performance to task switching, interruption, and resumption. In : *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*. ACM, p. 1819-1828.

Schilling D. (2016). Is Pokémon Go the answer to America's obesity problem?, *Guardian*. récupéré le 13 juillet 2016 de <https://www.theguardian.com/commentisfree/2016/jul/13/is-pokemon-go-the-answer-to-obesity-america>

Schwebel, David C., Despina Stavrinos, Katherine W. Byington, Tiffany Davis, Elizabeth E. O'Neal et Desiree de Jong (2012). Distraction and pedestrian safety: how talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 45, p. 266-271.

Slavich, George M. et Philip G. Zimbardo (2013). Out of mind, out of sight: Unexpected scene elements frequently go unnoticed until primed. *Current psychology*, vol. 32, no 4, p. 301-317.

Simons, Daniel J. et Chabris, Christopher F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, vol. 28, no 9, p. 1059-1074.

Smith, Theodore S., Isaak, Matthew I., Senette, Christian G., et al. (2011). Effects of cell-phone and text-message distractions on true and false recognition. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, vol. 14, no 6, p. 351-358.

StatCounter (2016). Mobile and tablet internet usage exceeds desktop for first time worldwide, StatCounter. récupéré de <http://gs.statcounter.com/press/mobile-and-tablet-internet-usage-exceeds-desktop-for-first-time-worldwide>

Stavrinos, D., Byington, K. W., et Schwebel, D.C. (2009). Effect of cell phone distraction on pediatric pedestrian injury risk. *Pediatrics*, vol. 123, no 2, p. 179-185.

Strayer, David L. et Frank A. Drews (2007). Cell-phone-induced driver distraction. *Current Directions in Psychological Science*, vol. 16, no 3, p. 128-131.

Streitberg, B., Röhmel, J., Herrmann, W. M., & Kubicki, S. (1987). COMSTAT rule for vigilance classification based on spontaneous EEG activity. *Neuropsychobiology*, vol. 17, no 1-2, p.105-117.

Svenson, Ola et Christopher JD Patten (2005). "Mobile phones and driving: a review of contemporary research.", *Cognition, Technology & Work*, vol. 7, no 3, p. 182-197.

Times (2016). Pennsylvania Teenager Hit By Car While Playing Pokémon Go, Time. récupéré le 13 juillet 2016 de <http://time.com/4405221/pokemon-go-teen-hit-by-car/>

Underwood, Geoffrey (2007). Visual attention and the transition from novice to advanced driver. *Ergonomics*, vol. 50, no 8, p. 1235-1249.

University of Leicester. (2016). Press release: Pokémon Go could ease type 2 diabetes burden, Université de Leicester. récupéré le 25 juillet 2016 de www2.le.ac.uk/offices/press/press-releases/2016/july/2018pokemon-go-could-ease-type-2-diabetes-burden2019

Wager, Tor D. et Edward E. Smith (2003). Neuroimaging studies of working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, vol. 3, no 4, p. 255-274.

Webster, J., Trevino, K. L., et Ryan, L. (1993). The emergence of a new clinical disorder. *CyberPsychology & Behavior*, vol. 1, no 3, p. 237-244.

IV. Conclusion

L'objectif principal de ce mémoire était d'approfondir les connaissances liées aux dangers d'utiliser un téléphone en marchant. Plus spécifiquement, cette étude a permis d'explorer les dangers que comporte le fait de jouer à un jeu sur son téléphone en marchant, comparativement à l'utilisation de la messagerie texte. De plus, cette étude a permis d'explorer l'influence de l'utilisation de la réalité augmentée sur les aspects comportementaux, attentionnels et cognitifs.

Cette expérience en contexte réel avec 18 participants a permis de collecter les données nécessaires pour répondre à l'objectif de ce mémoire. La collecte des données recueillies par les caméras autour du participant, les lunettes oculométriques, le casque électroencéphalographique et les questionnaires de fin de tâche a été fructueuse et a contribué à fournir des éléments de réponses aux questions de recherche.

Ce dernier chapitre de ce mémoire fait un rappel des questions de recherche et des résultats en lien avec les hypothèses de départ. Ensuite, les contributions théoriques et pratiques de ce mémoire seront présentées. Finalement, la dernière sous-section soulève les limites de l'étude et propose des recommandations pour des études futures.

1. Rappel des questions de recherche

L'étude cherche donc à répondre aux questions suivantes :

Jouer en marchant est-il plus dangereux que de texter en marchant ?

Dans quelle mesure la réalité augmentée influence le comportement, l'attention et l'aspect cognitif d'une personne utilisant son téléphone en marchant ?

Plus spécifiquement, cette étude a permis de répondre aux hypothèses résumées ci-dessous:

H1 : Le fait de jouer à un jeu sur un téléphone mobile en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant.

H2 : L'expertise a un effet négatif sur la réduction de comportements dangereux lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant.

H3 : La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus faible en jouant à un jeu sur un téléphone mobile en marchant qu'en textant en marchant.

H4 : La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus grande en utilisant la fonctionnalité de la réalité augmentée lorsqu'on joue sur un téléphone en marchant.

H5: Un individu est plus attentif et vigilant lorsqu'il joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant en utilisant la réalité augmentée que lorsqu'il joue à ce même jeu en marchant sans utiliser la réalité augmentée.

2. Principaux résultats

Les résultats obtenus ont permis de formuler plusieurs pistes de réponses aux questions de recherche. Puisque ces questions ont guidé la logique des hypothèses de recherches, les résultats les plus marquants pour chaque hypothèse de recherche sont présentés ici.

H1 : Le fait de jouer à un jeu sur un téléphone mobile en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant. (Supportée)

Le fait de jouer à un jeu sur son téléphone en marchant génère plus de comportements dangereux que de texter en marchant. De plus, on aperçoit que le fait de jouer à Pokémon Go apporte un nouveau comportement dangereux, soit de s'arrêter brusquement pour chercher et attraper son Pokémon, comportement que ne font habituellement pas les utilisateurs de la messagerie.

H2 : L'expertise a un effet négatif sur la réduction de comportements dangereux lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant. (Partiellement supportée)

L'expertise n'a que peu d'effet négatif sur la réduction de comportements dangereux lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant, étant donné qu'elle permet de réduire significativement seulement le fait de s'arrêter brutalement pour attraper un Pokémon.

H3 : La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus faible en jouant à un jeu sur un téléphone mobile en marchant qu'en textant en marchant. (Non supportée)

La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe n'est pas significativement plus faible en jouant à un jeu sur son téléphone en marchant qu'en textant en marchant, bien que les moyennes de chacune des deux conditions aillent dans ce sens.

H4 : La probabilité de percevoir et mémoriser un stimulus externe est plus grande en utilisant la fonctionnalité de la réalité augmentée lorsqu'on joue sur un téléphone en marchant. (Supportée)

La technologie de la réalité augmentée permet d'être plus conscient de son environnement externe bien que de jouer à un jeu sur son téléphone en marchant reste un comportement dangereux. En effet, cette technologie aide à percevoir et à se souvenir plus facilement différents objets environnants.

H5: Un individu est plus attentif et vigilant lorsqu'il joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant en utilisant la réalité augmentée que lorsqu'il joue à ce même jeu en marchant sans utiliser la réalité augmentée. (Supportée)

Les bandes alpha, bêta et thêta de la zone préfrontale du cortex cérébral, notamment captées par les électrodes Fp1 et Fp2, sont significativement plus actives lorsque l'on joue à un jeu sur son téléphone mobile en marchant avec la réalité augmentée que lorsque l'on joue à ce même jeu sans la réalité augmentée. Ces bandes étant reliées respectivement à l'attention, au niveau d'alerte et de vigilance ainsi qu'au travail de mémorisation, on peut donc conclure qu'un joueur est significativement plus attentif et vigilant en jouant avec la réalité augmentée. Cependant, plus de recherches sont nécessaires pour conclure qu'un individu est plus attentif et vigilant aux dangers environnants et qu'utiliser la réalité augmentée diminuerait son nombre de comportements dangereux et réduirait la probabilité d'avoir un accident.

En résumé, jouer en marchant sur son téléphone reste plus dangereux que texter en marchant mais l'apport de la nouvelle technologie de la réalité augmentée semble permettre de rester plus conscient de l'environnement externe.

3. Contributions de l'étude

D'un point de vue théorique, cette étude contribue à la littérature sous-jacente à la question de recherche tant sur les thèmes du multitâche, de la cécité d'inattention et de la neuroscience. Premièrement, cette étude permet d'approfondir les recherches antérieures sur le multitâche (Strayer et Drews, 2007). Elle confirme que malgré leur perception, le fait de faire deux tâches en même temps diminue la productivité de l'utilisateur dans chacune des deux tâches (Charron et Koechlin, 2010). En diminuant l'attention de l'utilisateur en contexte urbain, ce manque de productivité peut même s'avérer dangereux car l'utilisateur ne peut pas anticiper les dangers environnants. Cette étude explique donc les conséquences directes du "dual tasking" (Salvucci et Taatgen, 2008) et du coût du changement (Monsell, 2003). Elle confirme de plus que le téléphone mobile est une des causes de la hausse de ces dernières années d'accidents de piétons (Nasar et Troyer, 2013). De plus, contrairement aux études antérieures qui s'étaient concentrées sur l'analyse de la messagerie texte (Hyman et al., 2010; Nasar et al., 2008; Hatfield et Murphy, 2007; Schwebel et al. 2012; Byington et Schwebel, 2013; Stavrinou, Byington et Schwebel, 2009), cette étude compare différentes applications utilisées habituellement sur son téléphone et ses conclusions laisse croire que la sécurité de l'utilisateur est corrélée avec le type d'application utilisée. Cependant, cette étude ne semble pas confirmer les recherches précédentes sur l'effet notable de l'expertise sur la performance de l'utilisateur (Green et Bavelier, 2003; Allen et al., 2004; Richards, et al., 2010; Underwood, 2007; Simons et Chabris, 1999; Memmert, 2006; Memmert, Simons et Grimme, 2009).

Deuxièmement, cette étude approfondit les connaissances sur la cécité d'inattention (Mack et Rock, 1998) en analysant le phénomène dans un contexte d'utilisation de téléphone en marchant. Elle se base sur la méthode des recherche antérieures mettant en scène différents stimuli et dangers à repérer (Hyman et al., 2010; Nasar et al., 2008) et approfondit le sujet en analysant pour la première fois un jeu sur application mobile et en le comparant à la messagerie texte et la récente technologie de la réalité augmentée. Elle semble ainsi supposer que l'effet de cécité d'inattention induit par une application est corrélée avec l'expérience optimale générée par l'équilibre entre compétences, défis plaisir et satisfaction (Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1988; Moneta et Csikszentmihalyi, 1996; Moneta et Csikszentmihalyi, 1999; Webster, Trevino et Ryan, 1993; Khang et al., 2013; Mayer, 1979).

Enfin, cette recherche mesure pour la première fois en contexte réel l'état psychophysique d'un utilisateur de téléphone en marchant par le biais de plusieurs tests neurophysiologiques. L'apport du casque électroencéphalographique et des lunettes oculométriques permettent d'analyser l'utilisation d'un téléphone mobile en marchant en contexte réel et apporte de nouvelles données sur l'attention et la vigilance de l'utilisateur. En se basant sur les recherches antérieures du cortex cérébral et l'état psychophysique associé à chacune des bandes de fréquences (Rowland et al., 1985; Klimesch et al., 2007; Freeman et al., 1999; Berka et al., 2007 ; Davidson et al., 1990 ; Ray, 1990), elle permet d'analyser l'attention et la vigilance d'un utilisateur de téléphone mobile en marchant. À notre connaissance, cette étude est la première à analyser tant les aspects comportementaux, attentionnels et cognitifs d'un utilisateur de téléphone mobile en marchant en contexte réel.

D'un point de vue pratique, cette étude démontre qu'un téléphone est une distraction qui nous met en danger quotidiennement et que les applications actuelles ne sont pas conçues pour assurer la sécurité de l'utilisateur dans un contexte d'utilisation en marchant.

Cette étude recommande ainsi aux développeurs d'applications mobiles de prendre en compte dans la conception de leur produit la sécurité de l'utilisateur comme une priorité.

Cette étude démontre que la technologie de la réalité augmentée peut être une piste de solution pour atteindre cet objectif. On peut ainsi penser qu'une application de messagerie texte dotée de la réalité augmentée permettrait d'être plus attentif et vigilant aux dangers de son environnement et diminuerait ainsi le nombre d'accidents. Cette étude recommande de plus à Niantic et Pokémon Go d'insérer un message "REGARDE AUTOUR DE TOI AVANT D'ATTRAPER CE POKÉMON" dans son jeu afin de réduire les accidents que peut causer le fait de s'arrêter brusquement pour attraper un Pokémon. Enfin, cette étude permettra de contribuer aux débats publics, médiatiques et à l'établissement de législations et de politiques publiques quant au fait d'utiliser son téléphone en marchant.

4. Limites et pistes de recherches futures

Il est cependant à noter plusieurs limites de cette étude. Premièrement, il est à noter que l'expérience s'est déroulée sur plusieurs semaines. Certains artefacts ont rendu l'analyse des

données électroencéphalogrammes difficiles et certaines ont dû être retirées. On peut ainsi expliquer le manque de puissance dans nos résultats cognitifs dû au nombre restreint de sujets et à la courte durée d'enregistrement. Deuxièmement, un biais de sélection est visible quant à la sélection de nos participants. En effet, la majorité des participants de l'étude sont des jeunes âgés entre 19 et 25 ans et ne représentent pas le public cible des utilisateurs de téléphone mobile. Troisièmement, un biais de classement est à prendre en compte lors de l'établissement de la définition d'expertise des utilisateurs de Pokémon Go. Nous avons choisi le niveau 18 comme limite entre les groupes experts et novices afin d'avoir deux groupes d'un nombre identique et qu'aucun indicatif permet de dissocier un expert d'un novice dans Pokémon Go. Finalement, on peut déceler un possible biais de confusion étant donné que les comportements dangereux dépendent de l'environnement externe et de la fréquence des dangers externes comme celle des voitures ou des autres passants. D'autres études devraient ainsi continuer d'approfondir le sujet.

Pour conclure, nous pouvons dorénavant répondre aux questions de recherche de cette étude et démontrer que jouer en marchant occasionne plus de comportements dangereux que de texter en marchant quelque soit le niveau d'expertise dans le jeu. Cependant, la fonctionnalité de la réalité augmentée peut permettre à l'utilisateur d'être plus conscient de son environnement externe et de réduire ainsi les comportements dangereux générés par l'utilisation d'un téléphone en marchant.

Bibliographie

Allen, R., McGeorge, P., Pearson, D., & Milne, A. B. (2004). Attention and expertise in multiple target tracking. *Applied Cognitive Psychology*, vol. 18, no 3, p. 337-347.

BBC (2016). Pavement lights guide 'smartphone zombies', BBC. Récupéré le 16 février 2016 de <http://www.bbc.com/news/technology-38992653>

Berka, C., Levendowski, D. J., Lumicao, M. N., Yau, A., Davis, G., Zivkovic, V. T., et Craven, P. L. (2007). EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. *Aviation, space, and environmental medicine*, vol. 78, no 5, p. 231-B244.

BFM TV (2016). Aux Etats-Unis, écrire un SMS en marchant pourrait vous envoyer en prison, BFM TV. récupéré le 29 mars 2016 de <http://hightech.bfmtv.com/produit/aux-etats-unis-ecrire-un-sms-en-marchant-pourrait-vous-envoyer-en-prison-962753.html>

Byington, Katherine W. et David C. Schwebel (2013). Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 51, p. 78-83.

Charron, Sylvain et Etienne Koechlin (2010). Divided representation of concurrent goals in the human frontal lobes. *Science*, vol. 328, no 5976, p. 360-363.

City News (2016). Trending: Should texting while walking be banned ?, City News. récupéré le 29 mars 2016 de <http://www.citynews.ca/2016/03/29/trending-should-texting-while-walking-be-banned/>

Csikszentmihalyi Mihaly et Isabella Selega Csikszentmihalyi (1992). *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*. Cambridge university press.

Davidson, R. J., Chapman, J. P., Chapman, L. J., & Henriques, J. B. (1990). Asymmetrical Brain Electrical Activity Discriminates Between Psychometrically-Matched Verbal and Spatial Cognitive Tasks. *Psychophysiology*, vol. 27, no 5, p. 528-543.

Freeman, F. G., Mikulka, P. J., Prinzel, L. J., & Scerbo, M. W. (1999). Evaluation of an adaptive automation system using three EEG indices with a visual tracking task. *Biological psychology*, vol. 50, no 1, p.61-76.

Gartner (2016, 18 février). Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Grew 9.7 Percent in Fourth Quarter of 2015, Gartner. récupéré de <http://www.gartner.com/newsroom/id/3215217>

Green, C. Shawn et Daphne Bavelier. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, vol. 423, no 6939, p. 534-537.

Hatfield, Julie et Susanne Murphy (2007). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. *Accident analysis & prevention*, vol. 39, no 1, p. 197-205.

Hyman, I.E., S.M. Boss, B.M. Wise, K.E. McKenzie, J.M. Caggiano, (2010). Did you see the unicycling clown? Inattention blindness while walking and talking on a cell phone. *Applied Cognitive Psychology*, vol. 24, no 5, p. 597-607.

IGeneration (2016). Pokémon GO : 100 millions de téléchargements et des restrictions pour les apps tierces, IGeneration. récupéré le 2 août 2016 de <http://www.igen.fr/app-store/2016/08/pokemon-go-100-millions-de-telechargements-et-des-restrictions-pour-les-apps>

ITU (2016, 1er juin). ICT Facts and Figures 2016, Genève, Suisse, ITU. récupéré de <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2016.pdf>

Khang, H., Kim, J. K., & Kim, Y. (2013). Self-traits and motivations as antecedents of digital media flow and addiction: The Internet, mobile phones, and video games. *Computers in Human Behavior*, vol. 29, no 6, p.2416-2424.

Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. *Brain research reviews*, vol. 53, no 1, p. 63-88.

Lapointe, L., Boudreau-Pinsonneault, C., et Vaghefi, I. (2013) "Is smartphone usage truly smart? A qualitative investigation of IT addictive behaviors." System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference, p. 1063-1072.

Mack, Arien et Irvin Rock (1998). Inattention blindness. Cambridge, MIT press.

Mayer, Richard E. (1979). Can advance organizers influence meaningful learning?. Review of educational research, vol. 49, no 2, p. 371-383.

Memmert, Daniel. (2006). The effects of eye movements, age, and expertise on inattention blindness. Consciousness and cognition, vol. 15, no 3, p. 620-627.

Memmert, D., Simons, D. J., & Grimme, T. (2009). The relationship between visual attention and expertise in sports. Psychology of Sport and Exercise, vol. 10, no 1, p.146-151.

Moneta Giovanni B. et Mihaly Csikszentmihalyi (1999). Models of concentration in natural environments: A comparative approach based on streams of experiential data. Social Behavior and Personality: an international journal, vol. 27, no 6, p. 603-637.

Monsell, S. (2003). Task switching. Trends in cognitive sciences, vol. 7, no 3, p.134-140.

Nasar, J., Hecht, P., et Wener, R. (2008). Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. Accident analysis & prevention, vol. 40, no 1, p. 69-75.

Nasar, Jack L. et Derek, Troyer (2013). "Pedestrian injuries due to mobile phone use in public places." Accident Analysis & Prevention, vol. 57, p. 91-95.

Paris Match (2016). "Pokémon Go" : 5 histoires déjà incontournables qui vont se répéter, Paris Match. récupéré le 19 juillet 2016 de <http://www.parismatch.com/Vivre/High-Tech/Pokemon-Go-5-histoires-deja-incontournables-qui-vont-se-repeter-1020316>

Pourchon, R., Léger, P. M., Labonté-LeMoynes, É., Sénécal, S., Bellavance, F., Fredette, M., & Courtemanche, F. (2017). Is Augmented Reality Leading to More Risky Behaviors? An Experiment with Pokémon Go. In International Conference on HCI in Business, Government,

and Organizations, Springer, Cham. p. 354-361.

Ray, W. J. (1990). The electrocortical system. In J. T. Cacioppo & L. Tassinary (Eds.), *Principles of psychophysiology: physical, social, and inferential elements* Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. p 385–412.

Richards, A., Hannon, E. M., & Derakshan, N. (2010). Predicting and manipulating the incidence of inattentive blindness. *Psychological research*, vol 74, no 6, p. 513-523.

Rowland, N., Meile, M. J., & Nicolaidis, S. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, vol. 228, no 4700, p.750-752.

Salvucci, Dario D. et Niels A. Taatgen (2008). Threaded cognition: an integrated theory of concurrent multitasking. *Psychological review*, vol. 115, no 1, p. 101.

Schwebel, David C., Despina Stavrinos, Katherine W. Byington, Tiffany Davis, Elizabeth E. O’Neal et Desiree de Jong (2012). Distraction and pedestrian safety: how talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 45, p. 266-271.

Simons, Daniel J. et Chabris, Christopher F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentive blindness for dynamic events. *Perception*, vol. 28, no 9, p. 1059-1074.

StatCounter (2016). Mobile and tablet internet usage exceeds desktop for first time worldwide, StatCounter. récupéré de <http://gs.statcounter.com/press/mobile-and-tablet-internet-usage-exceeds-desktop-for-first-time-worldwide>

Stavrinos, D., Byington, K. W., et Schwebel, D.C. (2009). Effect of cell phone distraction on pediatric pedestrian injury risk. *Pediatrics*, vol. 123, no 2, p. 179-185.

Strayer, David L. et Frank A. Drews (2007). Cell-phone–induced driver distraction. *Current Directions in Psychological Science*, vol. 16, no 3, p. 128-131.

Svenson, Ola et Christopher JD Patten (2005). "Mobile phones and driving: a review of contemporary research.", *Cognition, Technology & Work*, vol. 7, no 3, p. 182-197.

Time (2016). Pennsylvania Teenager Hit By Car While Playing Pokémon Go, Time. récupéré le 13 juillet 2016 de <http://time.com/4405221/pokemon-go-teen-hit-by-car/>

Underwood, Geoffrey. (2007). Visual attention and the transition from novice to advanced driver. *Ergonomics*, vol. 50, no 8, p. 1235-1249.

Webster, J., Trevino, K. L., et Ryan, L. (1993). The emergence of a new clinical disorder. *CyberPsychology & Behavior*, vol. 1, no 3, p. 237-244.