

[Page de garde]

HEC MONTRÉAL

**L'effet de l'alignement entre la potentialité d'un appareil technologique et l'objectif de
l'utilisateur sur l'expérience de l'utilisateur**

par

Audrey Bond

**Sciences de la gestion
(Option Marketing)**

Sous la direction de
Pierre-Majorique Léger, Ph.D. et Sylvain Sénécal, Ph.D.

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

Juin 2020
©Audrey Bond, 2020

Résumé

Le concept des potentialités des technologies (*affordances*) fournit un vocabulaire utile pour traiter de l'enchevêtrement des technologies et de leurs utilisateurs. En s'appuyant sur le cadre théorique de l'alignement entre les technologies et les tâches (*task-technology fit*) en contexte de commerce électronique, ce mémoire étudie l'effet de l'alignement entre les potentialités des appareils technologiques et les tâches effectuées sur ces appareils, sur l'expérience de l'utilisateur. Une expérience intra-sujet a été menée en laboratoire. Vingt-cinq participants ont complété six tâches de nature équivalente liées à l'épicerie numérique sur un téléphone intelligent et sur un ordinateur. Les résultats de l'étude mettent en évidence deux conclusions principales. Premièrement, les potentialités de l'appareil sur lequel les tâches d'achat numérique sont effectuées affectent l'état cognitif et émotionnel de l'utilisateur. L'exécution de tâches d'achat numérique sur un téléphone intelligent génère une charge cognitive plus élevée (état cognitif), ainsi qu'une valence émotionnelle et une activation plus élevées (état émotionnel) pour les utilisateurs. Deuxièmement, les résultats ne fournissent cependant pas suffisamment d'évidences pour conclure que le type de tâche (objectif de l'utilisateur) modère la relation précédemment constatée. Plusieurs pistes d'amélioration, telle une interaction plus naturelle et avec plus de participants, sont proposées pour des recherches futures.

Le mémoire conclut avec un deuxième article qui propose des recommandations issues des résultats de la précédente recherche. En effet, les résultats de l'étude menée mettent en lumière la nature plus exigeante de l'interaction des utilisateurs avec leurs téléphones intelligents lors du magasinage numérique. Ainsi, le deuxième article de ce mémoire a pour objectif de présenter des recommandations concrètes aux gestionnaires afin d'améliorer l'expérience de leurs clients lorsqu'ils naviguent sur des applications mobiles. Trois bonnes pratiques sont identifiées afin de réduire l'effort cognitif requis, tout en mobilisant la dimension émotionnelle associée au téléphone intelligent : assurer une première impression sans friction, simplifier la navigation et allier le téléphone intelligent aux autres canaux de distribution. Avec la croissance prévisionnelle grandissante des ventes sur les téléphones intelligents en 2020, il est primordial pour les acteurs du commerce de détail de prendre des actions concrètes pour améliorer l'expérience mobile de leurs clients et ainsi, parvenir à demeurer compétitif.

Mots clés : affordances; alignement tâches-technologies; téléphone intelligent; ordinateur; expérience utilisateur; charge cognitive; valence émotionnelle; activation; interaction humain-machine.

Abstract

The concept of affordances provides a useful vocabulary for analyzing the entanglement of technologies and their users. Building upon the conceptualization of affordances, this thesis leverages the theoretical framework of task-technology fit in e-commerce to explore the consequence of alignment and misalignment of technology's affordances and user's intended goal. More specifically, the objective of this article is to investigate the effect of the alignment between the affordances of technological devices and the tasks performed on these devices on the user's shopping experience. A within-subject controlled laboratory experiment was conducted. Twenty-five participants were asked to complete six digital-grocery related tasks of equivalent nature on both a computer and a smartphone. Study results highlight two primary findings. First, the affordances of the device on which digital shopping tasks are performed affect the user's cognitive and emotional states. Performing digital shopping tasks on a smartphone generates a higher cognitive load (cognitive state), as well as a higher emotional valence and higher arousal (emotional state) for users. Second, the results, however, do not provide enough evidence to conclude that the type of task (user goal) alters the previously found relationship. Limitations and future research directions are addressed.

This thesis concludes with a second article that proposes recommendations based on the results of the previous research. Indeed, the results of the study highlight the more demanding nature of users' interactions with their smartphones during digital-shopping tasks. Thus, this article aims to suggest managerial recommendations to improve the user experience of shoppers on mobile applications. Three best practices are identified in order to reduce the cognitive effort required, while also leveraging the emotional dimension associated with smartphones: ensuring a frictionless first impression, simplifying navigation, and linking the smartphone to other distribution channels. With a strong smartphone sales growth forecast in 2020, retail players need to take concrete actions to improve the mobile experience of their customers and thus remain competitive.

Keywords: affordances; task-technology fit; smartphones; computers; user experience; cognitive load; emotional valence; arousal; human-computer interaction.

Table des matières

RÉSUMÉ.....	III
ABSTRACT	IV
TABLE DES MATIÈRES.....	V
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	VIII
AVANT-PROPOS.....	IX
REMERCIEMENTS	X
INTRODUCTION.....	1
Mise en contexte de la problématique	1
Objectif du mémoire.....	3
Structure du mémoire	3
Contributions et responsabilités personnelles.....	4
REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	7
La théorie des affordances.....	7
La théorie des affordances dans le contexte de la conception centrée sur les humains.....	8
Les débats concernant les affordances.....	10
ARTICLE 1: THE EFFECT OF DEVICE-AFFORDANCE ALIGNMENT WITH THE USER GOAL ON USER EXPERIENCE.....	12
ABSTRACT	12
1.1. INTRODUCTION	12
1.2. LITERATURE REVIEW	14
The concept of affordances	14
The affordance perspective.....	14
Different technologies have different affordances: smartphones versus computers	15
The theory of task-technology fit	16
The task-technology fit framework	17
The task-technology affordance fit proposition.....	18
1.3. HYPOTHESIS DEVELOPMENT.....	19

Direct effect.....	20
Moderation effect	23
1.4. METHOD	25
Study Context.....	25
Measures and materials	26
Data analysis.....	28
1.5. RESULTS	29
Descriptive statistics.....	29
Direct effect.....	30
Moderation effect	31
1.6. DISCUSSION	33
Limitations.....	36
1.7. CONCLUSION	38
REFERENCES.....	39
APPENDICES.....	48
 ARTICLE 2 : COMMENT AMÉLIORER L'EXPÉRIENCE MOBILE DE VOS CLIENTS : TROIS BONNES PRATIQUES.....	
L'IMPORTANCE GRANDISSANTE DU TÉLÉPHONE INTELLIGENT DANS LE COMMERCE DE DÉTAIL EN LIGNE.....	50
EXPÉRIENCE MOBILE VERSUS EXPÉRIENCE WEB : DEUX RÉALITÉS NETTEMENT DIFFÉRENTES.	50
COMMENT AMÉLIORER L'EXPÉRIENCE MOBILE DE VOS CLIENTS ?	51
RÉFÉRENCES.....	53
CONCLUSION	54
Rappel de la question de recherche et des principaux résultats.....	54
Contributions de l'étude	55
Limites et pistes de recherches futures	55
RÉFÉRENCES.....	57

Liste des figures

La numérotation des figures a été modifiée dans les articles pour faciliter la lecture de ce mémoire.

Figure 1: Modèle conceptuel de l'article 1	4
Figure 2: Conceptual model	19
Figure 3: Pupil size, emotional valence, and arousal for smartphones and computers	30
Figure 4: Pupil size, emotional valence, and arousal for the four experimental conditions	32

Liste des Tableaux

La numérotation des tableaux a été modifiée dans les articles pour faciliter la lecture de ce mémoire.

Tableau 1: Tableau des contributions	5
Table 2: Descriptive statistics of the sample	29
Table 3: Aggregation of digital-grocery tasks in two categories.....	49

Avant-propos

Le mémoire en marketing suivant est rédigé sous la forme de deux articles, conformément à l'autorisation de la direction pédagogique du programme de la Maîtrise ès Science en Gestion.

Le premier article explore l'effet de l'alignement entre les potentialités (*affordances*) des appareils technologiques et les tâches effectuées sur ces appareils, sur l'expérience de l'utilisateur. Cet article est soumis et accepté à la conférence HCI International 2020, qui se déroulera du 19 au 24 juillet 2020. L'article présenté dans ce mémoire diffère légèrement de l'article publié dans « *HCII 2020 - Late Breaking Papers* » *Springer LNCS Proceedings* puisque certaines modifications ont été effectuées pour donner suite à l'évaluation de ce mémoire.

Le deuxième article vulgarise le premier afin de rendre les résultats et les recommandations qui en découlent plus accessibles à la communauté d'affaires. Cet article de vulgarisation a été publié le 21 avril 2020 dans la Revue Gestion en ligne de HEC Montréal.

Les deux articles ont été ajoutés au mémoire avec le consentement des coauteurs.

Remerciements

Je tiens à remercier plusieurs personnes sans qui la réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible.

Tout d'abord, je dois dédier mes plus sincères remerciements à mes directeurs Sylvain Sénécal et Pierre-Majorique Léger pour leur précieuse aide tout au long du processus de recherche et de rédaction. J'ai eu la chance plonger dans un nouveau domaine et d'en apprendre énormément grâce aux outils et à l'orientation que vous m'avez fournie. Ce mémoire n'aurait pas été possible sans votre étroite collaboration, votre confiance et votre engagement face aux étudiants.

Je tiens, par la suite, à reconnaître l'aide inestimable que l'équipe du Tech3Lab m'a apportée lors de la collecte de données au laboratoire. Ce fut une expérience enrichissante, marquée par un dévouement exceptionnel de toute l'équipe d'opérations et de recherche. Merci pour l'aide, pour la résolution de nombreux problèmes et pour l'accompagnement à travers cette étape cruciale de la réalisation de ce mémoire.

J'aimerais également remercier ma famille et mes amis qui m'ont permis de m'échapper des réflexions académiques, et qui m'ont fait vivre beaucoup de bonheur et d'éclats de rire lors de la dernière année et depuis toujours. Je remercie de façon plus précise Virgilio B. pour son soutien moral, son écoute, sa compréhension et ses encouragements constants.

Je tiens à saluer tout particulièrement René Gendreau qui a réellement agrémenté mon parcours à la Maîtrise en me permettant d'enseigner à ses côtés. Ce fut une expérience enrichissante, où j'ai pu découvrir un véritable intérêt, et pour laquelle je suis énormément reconnaissante. Je considère René comme une source d'inspiration et me compte très chanceuse de l'avoir assisté lors des deux dernières années.

Finalement, je tiens à remercier le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada, le Fonds de recherche société et culture du Québec, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Prompt et Sobeys pour leur soutien financier inestimable durant mon parcours à la Maîtrise.

Introduction

Mise en contexte de la problématique

Avec l'évolution des technologies numériques, le parcours de magasinage des consommateurs se complexifie. Un consommateur peut, de façon simultanée, explorer les offres en magasin, comparer les prix sur un téléphone intelligent, demander l'avis d'amis sur les réseaux sociaux et acheter postérieurement en utilisant un ordinateur.

Bien que les canaux de distribution et de communication traditionnels détiennent toujours un rôle important, les canaux numériques agissent désormais à titre d'amplificateurs en plus d'offrir une multitude de nouvelles façons de rejoindre et convertir les consommateurs (Fulgoni, 2014).

Dans le contexte du commerce de détail au Canada, les statistiques démontrent en effet l'omniprésence des ventes sur des plateformes numériques, notamment sur les ordinateurs et les téléphones intelligents, les deux appareils technologiques les plus utilisés au pays (Statista, 2017). D'une part, en 2019, les Canadiens ont dépensés 64,56 milliards de dollars en magasinant sur leurs ordinateurs, ce qui représente 10 % de toutes les ventes au détail (Briggs, 2019). D'autre part, l'utilisation du téléphone intelligent croît également à très grande vitesse. En 2019, les Canadiens ont dépensé 20,34 milliards de dollars en magasinant sur leur téléphone intelligent, ce qui représente 3,15 % de toutes les ventes au détail (Briggs, 2019). Avec un taux prévisionnel de croissance des ventes sur les téléphones intelligents de 22,8 % en 2020 et un taux de pénétration de cet appareil de 92 % parmi les Canadiens (Statista, 2019a), il est pertinent de mieux comprendre de quelle façon cette technologie se compare à l'ordinateur.

Dans la littérature en marketing, plusieurs chercheurs se sont intéressés aux canaux qui lient les consommateurs aux organisations. Dans les dernières années, l'approche dite « multicanale » dominait largement la conversation sur la gestion des canaux de distribution dans le commerce de détail. Cependant, la littérature en marketing suggère que la tendance se déplace vers une approche davantage « omnicanale » (Rigby, 2011). Il est important de mettre en lumière les nuances entre ces deux approches.

L'approche multicanale est définie comme « la conception, le déploiement, la coordination et l'évaluation de canaux visant à augmenter la valeur des clients par l'acquisition, la fidélisation et le développement efficace de la clientèle » (Neslin *et al.*, 2006, p.96). Dans cette approche, un accent important est mis sur chacun des divers points de contacts distincts qui permettent à

l'organisation d'interagir avec ses clients. L'approche omnicanale, d'un autre côté, adopte une perspective plus large des canaux et de la façon dont les consommateurs naviguent à travers ceux-ci (Peter C. Verhoef, Kannan et Inman, 2015). Cette approche est définie comme « la gestion synergique des nombreux canaux et points de contacts entre l'organisation et les clients, qui permet d'optimiser l'expérience client sur l'ensemble de ces canaux et points de contacts » (Peter C. Verhoef, Kannan et Inman, 2015, p.175).

L'approche omnicanale implique donc un plus grand nombre de canaux, dont les frontières se dissipent puisque ces derniers sont utilisés de manière interchangeable par les clients lors de leur processus de magasinage. L'expérience omnicanale des acheteurs se concrétise donc lorsqu'ils passent d'un canal à un autre, par exemple d'un appareil (tel un téléphone intelligent) à un autre (tel un ordinateur portable) lors d'une même séance de magasinage.

En considérant cette situation, une question très intéressante se pose : quels sont les facteurs qui expliquent pourquoi un consommateur donné utilise une technologie, plutôt qu'une autre, pour effectuer des activités de magasinage? La littérature en marketing met en lumière plusieurs facteurs qui expliquent l'adoption des canaux de distribution, notamment les tactiques marketing, les aspects situationnels, les types de produits et les caractéristiques sociodémographiques des consommateurs (Venkatesan, Kumar et Ravishanker, 2007; Peter C Verhoef, Neslin et Vroomen, 2007; Ansari, Mela et Neslin, 2008; Park et Lee, 2017). Peu d'auteurs ont cependant tenté d'étudier l'effet des appareils eux-mêmes sur le comportement de magasinage des consommateurs.

En considérant l'impact que les technologies numériques, tels les téléphones intelligents et les ordinateurs, ont sur le parcours de magasinage des consommateurs, il est possible de se poser plusieurs questions quant à l'influence de ces appareils sur les consommateurs eux-mêmes. Brasel et Gips (2014) proposent d'ailleurs que les interfaces des appareils technologiques peuvent affecter la façon dont les utilisateurs explorent, perçoivent, se souviennent et agissent sur du contenu en ligne.

Il est pertinent pour les gestionnaires marketing de mieux comprendre le lien entre les technologies et leurs utilisateurs dans le contexte de commerce de détail pour ainsi créer des expériences numériques davantage adéquates. Comprendre les appareils technologiques qui hébergent les canaux de distribution numériques peut notamment aider les détaillants de plus petite taille à compétitionner avec les gants du web. En effet, une meilleure expérience numérique peut potentiellement aider les joueurs canadiens à demeurer compétitifs face aux grands détaillants

américains. En comparaison à des économies similaires, le Canada performe défavorablement en ce qui concerne la transformation numérique de ses détaillants. À titre d'exemple, les trois sites Internet les plus visités pour effectuer des transactions proviennent de trois compagnies américaines: Amazon (portée de 74% au Canada), eBay (portée de 60% au Canada) et Walmart (portée de 34% au Canada) (Briggs, 2019).

Objectif du mémoire

De façon générale, l'objectif de ce mémoire est d'explorer les deux appareils technologiques les plus importants, soit le téléphone intelligent et l'ordinateur (Statista, 2019a), afin de développer une meilleure compréhension de l'impact de ceux-ci sur leurs utilisateurs.

Structure du mémoire

Le mémoire suivant est constitué de deux articles qui répondent à cet objectif.

Le premier article explore tout d'abord l'effet de l'alignement entre les potentialités (*affordances*¹) des appareils technologiques et les tâches effectuées sur ces appareils, sur l'expérience de l'utilisateur. La figure suivante (Figure 1) illustre le modèle conceptuel de l'étude. Plus précisément, deux questions de recherche guident cet article : dans quelle mesure les *affordances* des appareils technologiques influencent-elles l'expérience vécue par un utilisateur ? Également, dans quelle mesure l'objectif d'un utilisateur modère-t-il l'effet des *affordances* des appareils technologiques sur l'expérience de l'utilisateur ?

Le concept des *affordances* utilise la forme d'un objet pour en communiquer sa fonction à un utilisateur donné. Il fournit ainsi une perspective intéressante pour analyser l'interaction entre les technologies et leurs utilisateurs. En effet, ce concept permet d'aller au-delà des caractéristiques des technologies, pour plutôt conceptualiser la relation qui lie ladite technologie et son utilisateur. Les *affordances* permettent donc d'utiliser l'interaction comme unité d'analyse. Le concept est élaboré à la prochaine section.

¹ Le terme *affordances* n'a pas d'équivalent spécifique en français. Les traductions actuelles qui se rapprochent davantage du terme en français sont : « potentialités », « les capacités suggestives d'action » ou les « possibilités offertes par les technologies ». Ainsi, pour faciliter la rédaction et la lecture, le terme *affordances* est utilisé. Il est d'ailleurs utilisé de telle façon dans plusieurs publications en français.

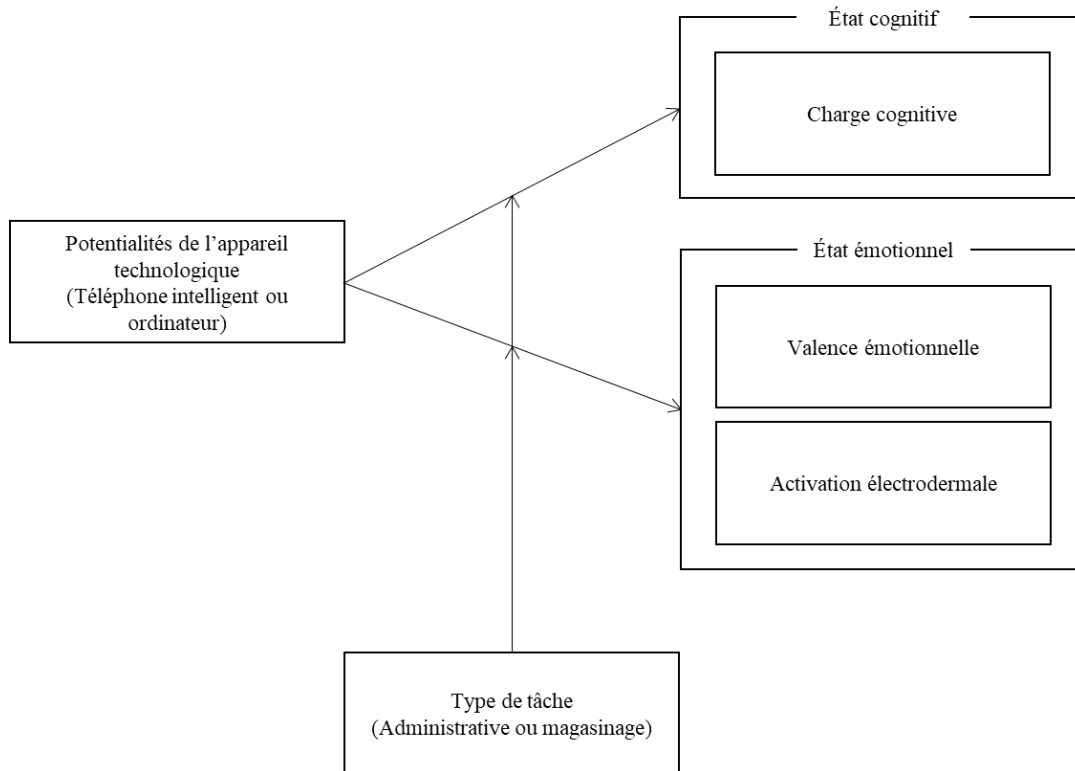


Figure 1 : Modèle conceptuel de l'article 1

Le deuxième article propose des recommandations issues des résultats de la précédente recherche. En effet, les résultats de l'étude menée mettent en lumière la nature plus exigeante de l'interaction des utilisateurs avec leurs téléphones intelligents lors du magasinage numérique. Ainsi, le deuxième article de ce mémoire a pour objectif de présenter des recommandations concrètes aux gestionnaires pour réduire l'effort requis par leurs clients lorsqu'ils naviguent sur des applications mobiles et ainsi améliorer l'expérience vécue par ces derniers

Contributions et responsabilités personnelles

La collecte de données de ce mémoire s'est déroulée au Tech3Lab de HEC Montréal. Le tableau suivant (Tableau 1) présente les contributions de l'auteur tout au long du processus qui mène à la réalisation de ce mémoire.

Tableau 1 : Tableau des contributions

Étapes du processus	Contribution
Définition de l'objectif	<p>Définir la question de recherche et la problématique – 70%</p> <p>Les questions de recherches sont issues de nombreuses discussions avec les directeurs de ce mémoire.</p>
Revue de la littérature	<p>Effectuer des recherches et rédiger la revue de la littérature – 100%</p> <p>Les théories et concepts étudiés sont issus de suggestions des directeurs de ce mémoire.</p>
Conception du design expérimental	<p>Effectuer la demande au CER – 50%</p> <p>Conception des formulaires de consentement et de compensation à partir de modèles. L'équipe d'opérations du Tech3Lab a pris en charge la demande au CER puisqu'il s'agissait d'un renouvellement de formulaire.</p> <p>Concevoir le protocole de l'expérimentation – 80%</p> <p>Le protocole expérimental a été effectué en collaboration avec l'équipe opérationnelle du Tech3Lab.</p> <p>Concevoir les stimuli et les fiches d'instructions – 100%</p> <p>Installation de la salle de collecte – 25%</p> <p>Les outils de collecte de données ont été installés par les assistants de recherche du Tech3Lab.</p> <p>Mener les prétests – 100%</p> <p>Les prétests ont été effectués en collaboration avec l'équipe opérationnelle du Tech3Lab.</p>
Collecte de données	<p>Recruter les participants et gérer les prérequis pré-collecte – 80%</p> <p>Le recrutement était en partie effectué par l'entremise du Panel HEC Montréal.</p>

	<p>Collecter les données – 100%</p> <p>Modératrice pour toutes les séances de l'étude. Un assistant de recherche du Tech3Lab était également présent lors de toutes les séances et veillait au bon fonctionnement des outils de collecte de données.</p>
Extraction et transformation des données	<p>Extraire les données psychophysiologiques – 100%</p> <p>Mettre en forme une base de données commune – 80%</p> <p>Les données physiologiques ont été synchronisées à la même échelle de temps avec l'aide d'un assistant de recherche du Tech3Lab.</p>
Analyse des données	<p>Analyser les données du mémoire – 50%</p> <p>Les données ont été analysées en collaboration avec un statisticien associé au Tech3Lab.</p> <p>Interpréter les données du mémoire – 100%</p>
Rédaction	<p>Écrire les articles du mémoire – 100%</p> <p>Les articles ont été écrits avec les commentaires et conseils des directeurs de ce mémoire.</p>

Revue de la littérature

Le concept des *affordances* est central à ce mémoire. Ainsi, la section suivante présente une revue de la littérature sur le sujet dans le but de mettre en place le contexte théorique des articles. Pour ce faire, la première section présente d'abord la théorie des *affordances*, élaborée par Gibson (1979), afin d'illustrer les origines du concept. La deuxième section aborde ensuite la théorie des *affordances* dans le contexte de la conception centrée sur les humains, un domaine étroitement relié à l'interaction humain-machine. La troisième section présente finalement les débats et différences concernant l'utilisation du concept des *affordances* dans la littérature et spécifie la définition utilisée dans le cadre de ce mémoire.

La théorie des affordances

Le terme *affordances* a été introduit par le psychologue américain, spécialiste en perception visuelle, James J. Gibson (1979) dans le but de conceptualiser les possibilités d'action des animaux dans des environnements donnés (McGrenere et Ho, 2000). Pour reprendre les mots de Gibson, «les *affordances* de l'environnement sont ce qu'elles offrent à l'animal, ce qu'elles permettent ou fournissent, pour le meilleur ou pour le pire» (Gibson, 1979, p.119). L'objectif de la conceptualisation originale du terme est d'expliquer comment les espèces s'orientent vers les objets de leur environnement (c'est-à-dire les surfaces, les substances, les objets et les créatures (Rietveld et Kiverstein, 2014)) en termes de possibilités d'action (Faraj et Azad, 2012). Il est essentiel de souligner que le terme *affordances* fait référence à la relation entre l'animal et l'environnement donné, et non aux propriétés de l'animal ou de l'environnement. Une *affordance* existe par rapport aux capacités d'action d'un acteur et ne change pas si les besoins et les objectifs de l'acteur changent (Faraj et Azad, 2012). L'*affordance* représente la possibilité d'action d'un animal spécifique dans un environnement spécifique; le même environnement peut fournir d'autres *affordances* à un animal différent. Par exemple, un seul objet de l'environnement (telle une branche) offre différentes possibilités d'actions pour un chien (comme jouet) et un castor (comme matériel) (Gibson, 1979; Norman, 1988). Mis simplement, il s'agit des relations entre les animaux et les caractéristiques des situations dans lesquelles ceux-ci se retrouvent (Chemero, 2003).

La théorie de Gibson a été conçue principalement comme une critique des deux formes influentes de la théorisation cognitiviste dans l'étude de la perception. Tout d'abord, la vision des psychologues de la gestalt comme Koffka (1935) pour qui la valeur (c'est-à-dire le sens ou l'utilité) de quelque chose est supposée changer au fur et à mesure que le besoin de l'observateur change.

En revanche, pour Gibson, « l'*affordance* d'une chose ne change pas lorsque le besoin de l'observateur change » (Gibson, 1979, p.130). Par exemple, la comestibilité d'une substance pour un animal donné ne dépend pas de la faim de l'animal (Hutchby, 2001). Deuxièmement, Gibson s'oppose au point de vue de la psychologie cognitive selon laquelle le cerveau doit jouer un rôle intermédiaire dans la perception, en interprétant les images transmises par les sources de lumière à la rétine. Contre cette opinion, Gibson (1979) a soutenu que les *affordances* des objets pouvaient être directement perçues (Hutchby, 2001).

La conceptualisation des *affordances* effectuée par Gibson a été sujet de nombreuses analyses et revue de littératures (Gibson, 1977; McGrenere et Ho, 2000; Hutchby, 2001; Chemero, 2003; Oliver, 2005). Relever toutes les nuances apportées au concept dans le domaine de la perception visuelle va au-delà du champ d'application de ce mémoire, mais la définition initiale de Gibson (1979) demeure tout de même une importante base sur laquelle se sont appuyés de nombreux auteurs dans d'autres domaines, telle la conception centrée sur les humains.

La théorie des affordances dans le contexte de la conception centrée sur les humains

Donald Norman a adapté le concept des *affordances* au domaine de la conception et de l'interaction humain-machine (1988). Norman a ajusté le sens original donné par Gibson (McGrenere et Ho, 2000) à travers son utilisation des *affordances* pour comprendre la relation qui lie les agents et les objets du quotidien. Norman définit les *affordances* comme « une relation entre les propriétés d'un objet et les capacités d'un agent qui détermine exactement comment l'objet pourrait être utilisé » (Norman, 2013, p.11). Les *affordances* sont les propriétés qui permettent les interactions entre les agents (personnes, animaux, etc.) et les artefacts (objets, machines, environnement) (Norman, 2013). Pour reprendre l'exemple populaire de Norman (1988), il est possible de mieux comprendre le concept des *affordances* en prenant l'image d'une porte qui s'ouvre uniquement dans un sens (artefact). Sa conception doit donner des indices à l'utilisateur (agent) sur son utilisation potentielle, c'est-à-dire de quelle façon cette porte s'ouvre. Si la porte n'a pas de poignée, il est alors évident pour l'utilisateur qu'il doit pousser cette porte pour l'ouvrir. Cependant, si la porte a une poignée fixe, l'utilisateur sait qu'il doit la saisir pour ouvrir la porte. Ainsi, dans cet exemple, l'interaction entre l'agent et l'artefact est possible grâce aux *affordances*, qui mettent en lumière les possibilités d'action de l'agent face à l'artefact dans un contexte donné.

Du point de vue de Norman, un concepteur tente de communiquer à l'utilisateur les capacités de l'artefact à la fois par les *affordances* inhérentes à l'artefact et par des informations sur l'artefact à

propos des *affordances* (Gaver, 1991; Burlamaqui et Dong, 2015). En effet, pour être efficaces, les *affordances* doivent être perceptibles par elles-mêmes, par une conception centrée sur l'utilisateur. Si elles ne peuvent être perçues, il est primordial de signaler leurs présences aux utilisateurs en utilisant des signifiants (*signifiers*), c'est-à-dire des signes, des étiquettes, des mots ou des dessins. Cependant, les *affordances* visibles et perceptibles fournissent des indices substantiels sur le fonctionnement des objets. Pour reprendre l'exemple de la porte unidirectionnelle présenté au paragraphe précédent, il est possible de constater que les signifiants s'avèrent utiles dans certains cas pour révéler les possibilités d'action d'un utilisateur face à un artefact dans un contexte donné. En effet, lorsqu'un utilisateur fait face à une poignée de porte fixe, bien qu'il sache qu'il doit saisir la poignée pour ouvrir la porte, il ne sait pas nécessairement s'il doit tirer ou pousser ladite porte. Ainsi, les signifiants sur la porte, tels les mots « pousser » ou « tirer », permettent de signaler la présence des *affordances* aux utilisateurs.

Norman (1988) et Gibson (1979), bien que dans deux disciplines différentes, sont d'accord sur trois principes fondamentaux des *affordances*. Premièrement, une *affordance* existe par rapport aux capacités d'action d'un acteur. Deuxièmement, l'existence d'une *affordance* est indépendante de la capacité de l'acteur à la percevoir. Finalement, une *affordance* ne change pas au fur et à mesure que les besoins et les objectifs de l'acteur changent (McGrenere et Ho, 2000). Du point de vue de Norman, les *affordances* demeurent un concept relationnel, ce qui signifie qu'elles représentent les propriétés qui permettent les interactions potentielles entre les personnes et les technologies, plutôt que les propriétés des agents ou des technologies individuellement (Majchrzak et Markus, 2012). La conceptualisation de Norman, cependant, diffère de celle de Gibson sur la notion de perception directe. Alors que Gibson pense que les animaux (ou agents) peuvent capter directement les informations sensorielles sans traitement cognitif interne, Norman soutient que le cerveau doit traiter les informations arrivant aux organes sensoriels pour les interpréter de manière cohérente (Norman, 2013).

Le concept des *affordances* et des signifiants est également utilisé dans le domaine de l'interaction humain-machine pour illustrer les possibilités d'actions des utilisateurs lors de leurs interactions avec des interfaces. Il est possible de mieux comprendre le concept des *affordances* en prenant comme exemple un utilisateur qui désire organiser les icônes qui se trouvent sur son bureau d'ordinateur. Dans cette situation, une *affordance* existe, car il est possible pour l'utilisateur de déplacer une icône sur son bureau d'ordinateur à l'aide de la fonctionnalité glisser-déposer (*drag-and-drop*). Cette fonctionnalité, dont l'objectif est de déplacer un item, comporte quatre étapes importantes : voir l'item à déplacer, sélectionner l'item, déplacer l'item vers sa destination en

maintenant de la pression sur la souris et déposer l'item en relâchant le bouton de la souris (Laubheimer, 2020). Cette *affordance* a été prévue par les concepteurs de la technologie. Cependant, bien que l'*affordance* existe, l'utilisateur n'en a pas nécessairement conscience. Ainsi, les concepteurs doivent prévoir des signifiants pour mettre l'accent sur la possibilité pour un utilisateur de glisser et déposer une icône sur le bureau de l'ordinateur. De cette façon, un changement de curseur (par exemple, un gant blanc ouvert et fermé) illustre souvent la présence de l'*affordance* glisser-déposer (Laubheimer, 2020).

Les débats concernant les affordances

Des chercheurs dans le domaine des interactions humain-machine, des technologies de l'information et de la communication, entre autres, ont par la suite mobilisé le concept des *affordances* pour étudier la relation entre diverses technologies et leurs utilisateurs (Gaver, 1991; Cochrane et Bateman, 2010; Leonardi, 2011; Faraj et Azad, 2012; Majchrzak et Markus, 2012; McEwan et Fox, 2015). La perspective des *affordances* fournit une lentille théorique puissante pour étudier les technologies, car elle offre un outil qui se focalise sur l'interaction entre lesdites technologies et ses utilisateurs (Gaver, 1991; Leonardi, 2011) tout en fournissant une base théorique intéressante (Rice *et al.*, 2017).

Étant donné l'omniprésence des *affordances* dans un large éventail de disciplines, le concept a fait l'objet de nombreuses revues de littérature et analyses comparatives qui mettent en évidence les différentes utilisations du terme (Chemero, 2003; Oliver, 2005; Dohn, 2009; Faraj et Azad, 2012; Rietveld et Kiverstein, 2014; Burlamaqui et Dong, 2015; Evans *et al.*, 2017). Il existe de nombreuses variations dans la définition des *affordances* dans la littérature, notamment à cause du débat parmi les universitaires sur trois points principaux qui devraient (ou non) être inclus lors de la définition du terme. Premièrement, les auteurs se demandent si les *affordances* peuvent exister indépendamment des perceptions de l'agent. Deuxièmement, ils se demandent si la relation centrale se situe entre les propriétés des acteurs et les propriétés environnementales, ou entre les propriétés des acteurs et les aspects de la situation. Troisièmement, ils discutent également de la question à savoir si les *affordances* sont des propriétés de l'objet/de l'environnement ou des capacités latentes émergeant dans un contexte spécifique à l'acteur/à l'espèce (Rice *et al.*, 2017).

Compte-tenu des différences définitions du terme, Burlamaqui et Dong (2015) ont examiné les principaux articles couvrant le sujet dans différents contextes (c'est-à-dire l'interaction humain-machine, la conception d'interaction et la conception industrielle). Ils ont trouvé cinq thèmes qui

émergent à travers tous les points de vue : l'artefact, l'agent, l'environnement, la perception et l'utilisation potentielle. Premièrement, un artefact désigne un objet, tangible ou non, fabriqué par l'homme pour être utilisé. Deuxièmement, un agent représente une personne capable de percevoir une *affordance* et agir sur l'artefact correspondant. Troisièmement, l'environnement représente le « contenant » à la fois de l'artefact et de l'agent. Quatrièmement, la perception est l'expérience sensorielle qui implique l'utilisation des cinq sens traditionnellement reconnus, c'est-à-dire la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe. Elle peut être considérée comme le principal lien entre un agent et un artefact. Finalement, l'utilisation potentielle fait référence à la relation entre les capacités physiques de l'agent et les propriétés matérielles de l'artefact (Burlamaqui et Dong, 2015).

Par conséquent, il est possible de définir les *affordances* en faisant ressortir les cinq éléments fondamentaux: « les *affordances* représentent les indices des utilisations potentielles d'un artefact par un agent dans un environnement donné » (Burlamaqui et Dong, 2015, p.13). Bien que des divergences d'opinions existent toujours, cette définition servira de point de référence pour ce mémoire. Il est important de noter que le terme *affordance* est utilisé dans le reste de ce mémoire pour désigner les *affordances* ainsi que les signifiants, de concert avec la définition présentée ci-dessus.

À la lumière des paragraphes précédents, le concept des *affordances* fournit un vocabulaire utile pour traiter de l'enchevêtrement des technologies et de leurs utilisateurs. De même façon, le domaine de l'expérience utilisateur s'intéresse à l'interaction entre les utilisateurs et les technologies. Plus précisément, l'expérience utilisateur représente les perceptions et les réponses (c'est-à-dire les émotions, les préférences et les comportements) de l'utilisateur qui résultent de l'utilisation d'un système, d'un produit ou d'un service (ISO, 2019). Ainsi, il est intéressant d'utiliser le concept des *affordances* pour mieux comprendre l'expérience utilisateur. Quelques auteurs ont d'ailleurs utilisé cette approche pour, notamment, développer des concepts (telles les *affordances* des expériences) (Pucillo et Cascini, 2014), ainsi que pour étudier l'impact des *affordances* sur l'expérience de joueur dans un contexte de jeu vidéo (McArthur, 2017), et d'apprentissage virtuel (Shin, 2017).

Article 1:

The effect of device-affordance alignment with the user goal on user experience

Audrey Bond², Pierre-Majorique Léger², Sylvain Sénécal²

Abstract

Building upon the conceptualization of affordances, this article leverages the theoretical framework of task-technology fit in e-commerce to explore the consequences of alignment and misalignment of technology's affordances and user's intended goals. More specifically, the objective of this article is to investigate the effect of the alignment between the affordances of technological devices and the tasks performed on these devices on the user's shopping experience. A within-subject controlled laboratory experiment was conducted. Twenty-five participants were asked to complete six digital-grocery related tasks of equivalent nature on both a computer and a smartphone. Study results highlight two primary findings. First, the affordances of the device on which digital shopping tasks are performed affect the user's cognitive and emotional states. Performing digital shopping tasks on a smartphone generates a higher cognitive load (cognitive state), as well as a more positive emotional valence and greater arousal (emotional state) for users. Second, the results, however, do not provide enough evidence to conclude that the type of task (user goal) moderates the previously found relationship. Limitations and future research directions are discussed.

Keywords: affordances; task-technology fit; smartphones; computers; user experience; cognitive load; emotional valence; arousal; human-computer interaction.

1.1. Introduction

One in ten dollars now flows through digital channels. In 2019, Canadians spent \$64,56 billion on e-commerce and \$20,34 billion on m-commerce, which represents 13,15% of all retail sales (Briggs, 2019). With mobile sales anticipated to grow by 22,8% over the forthcoming year and an all-time high smartphone penetration rate of 92% amongst Canadians (Statista, 2019a), the retail landscape has not seen its last disruption. The truly ubiquitous nature of digital technologies, with different designs, different affordances, and different experiences, therefore, implies a need for a deeper understanding of how these technologies impact their users.

² HEC Montréal, 3000 Chemin de la Côte-Sainte-Catherine, Montréal (QC), Canada H3T 2A7

Over the past decade, many researchers have attempted to study the impact of these technological devices on consumers. Indeed, research has shown that the interfaces of technological devices such as smartphones and computers, can have a substantial effect on how users explore, perceive, remember, and act upon online content (Brasel et Gips, 2014). This is a critical steppingstone because it highlights the importance of the device itself and what it affords, rather than only the content presented on the device. While there is a great number of studies that attempt to explain each technological device's characteristics and affordances (Cochrane et Bateman, 2010; Cohen *et al.*, 2011; Oulasvirta *et al.*, 2012; Ghose, Goldfarb et Han, 2013; Yu-Kang Lee *et al.*, 2014; Wang, Malthouse et Krishnamurthi, 2015; Melumad, 2017), there are none, to our knowledge, that explore the effect of the device-affordance alignment with the user goal on the user experience.

The objective of this article is to explore the effect of the alignment between the affordances of technological devices and tasks performed on these devices on the user's shopping experience. More specifically, to what extent do the affordances of technological devices influence the experience of a user? Also, to what extent does a user's goal moderate the effect of the affordances of technological devices on the user experience? The article builds upon the conceptualization of affordances by Burlamaqui and Dong (2015) and leverages the theoretical framework of task-technology fit in e-commerce by Klopping and McKinney (2004).

To answer those questions, a within-subject controlled laboratory experiment was conducted. Twenty-five participants were asked to complete six digital-grocery related tasks of equivalent nature on both a computer and a smartphone. Data collection took place in a user experience laboratory specialized with psychophysiological measures. Psychophysiological measures are physiological responses of the human body to psychological manipulations (Andreassi, 2010). These responses are physical signals that make it possible to assess humans' mental processes by monitoring their bodily changes. Three psychophysiological metrics were used to measure the user's variation in the cognitive and emotional states: cognitive load, emotional valence, and arousal.

1.2. Literature review

The concept of affordances

The following paragraphs provide an overview of the concept of affordances, which is paramount to explore the device-affordance alignment with the user goal. First, the affordance perspective is highlighted as it offers a lens through which it is possible to explore the entanglement of users and technologies. Second, it is showcased that different technologies, such as smartphones and computers, possess different affordances.

The affordance perspective

The term “affordance” was first coined by the ecological psychologist James J. Gibson (1979) to conceptualize the action possibilities of animals in given environments (McGrenere et Ho, 2000). In Gibson’s words, “the affordances of the environment are what it offers the animal, what it provides or furnishes, either for good or ill” (Gibson, 1979, p.119). The goal of the original coinage of the term was to explain how species orient themselves to the objects in their environment in terms of possibilities of action (Faraj et Azad, 2012). It is essential to highlight that “affordance” refers to the relationship between the animal and the given environment, not the properties of either the animal or the environment. An affordance exists relative to the action capabilities of an actor and does not change if the actor’s needs and goals change (Faraj et Azad, 2012). It represents the action possibility of a specific animal in a specific environment; the same environment can provide other affordances with a different animal. For example, a single object of the environment (i.e., a branch) offers different possibilities of actions for a dog (as a toy) and a beaver (as materials) (Gibson, 1979; Norman, 1988).

Donald Norman appropriated the concept of affordances to the field of design and human-computer interaction (1988). Norman adjusted the original meaning given by Gibson (McGrenere et Ho, 2000), through his use of affordances to understand the relationship that binds agents and everyday objects. Norman defines affordances as “a relationship between the properties of an object and the capabilities of the agent that determine just how the object could be used” (Norman, 2013, p.11). From Norman’s perspective, affordances remain a relational concept, meaning that it represents the potential interactions between people and technologies, rather than properties of the agent or the technology (Majchrzak et Markus, 2012). Norman’s conceptualization, however, varies from Gibson’s on the notion of direct perception. While Gibson believes that animals (or agents) can

pick up sensory information directly without internal processing and cognition, Norman argues that the brain has to process the information arriving at the sense organs to interpret it coherently (Norman, 2013).

Human-computer interaction, information technology, communication scholars, among others, subsequently followed suit and leveraged affordances to study the relationship between various technologies and their users (Gaver, 1991; Hutchby, 2001; Cochrane et Bateman, 2010; Leonardi, 2011; Faraj et Azad, 2012; Majchrzak et Markus, 2012; McEwan et Fox, 2015). The affordance perspective provides a powerful lens to study technologies, because it provides a tool that focuses on the interaction between said technologies and its users (Gaver, 1991; Leonardi, 2011), while also providing theoretical grounding (Rice *et al.*, 2017).

Given the ubiquity of the concept in a wide array of disciplines, affordances have been subject of extensive literature reviews and comparison analyses which highlight the diverse uses of the term (Chemero, 2003; Oliver, 2005; Dohn, 2009; Faraj et Azad, 2012; Rietveld et Kiverstein, 2014; Burlamaqui et Dong, 2015; Evans *et al.*, 2017).

Burlamaqui and Dong (2015) reviewed the main articles covering the topic in different contexts (i.e., human-computer interaction, interaction design, and industrial design). They found five themes that emerge across all standpoints, which are artifact, agent, environment, perception, and potential use. Hence, it is possible to define the term in a manner that delineates the five foundational elements: “affordances are the cues of the potential uses of an artifact by an agent in a given environment” (Burlamaqui et Dong, 2015, p.13). Although differences of opinion still exist, this definition will serve as a reference point for this article.

Different technologies have different affordances: smartphones versus computers

When looking at technology affordances more precisely, Hutchby (2001) suggests that different technologies possess different affordances, and these affordances constrain the ways that the said technologies can be “written” or “read” by users (Hutchby, 2001).

Affordances represent the “cues of the potential uses of an artifact by an agent in a given environment” (Burlamaqui et Dong, 2015, p.13). Consequently, there are endless potential affordances for each artifact (smartphone or computer), for each agent (user), and for each environment in which the interactions happen. Many scholars have studied both smartphones and computers as artifacts and have built typologies of affordances in different contexts (Cochrane et

Bateman, 2010; Cohen *et al.*, 2011; Leonardi, 2011; Majchrzak et Markus, 2012; Majchrzak *et al.*, 2013; Schrock, 2015). To discuss the full published body of smartphone and computer affordances would take us beyond the concerns of the present article, given the sheer quantity. The key takeaway, however, is that different technologies have different affordances (Hutchby, 2001).

Smartphones are the main constituent of the mobile device category, which namely also includes tablets and smartwatches. Their distinctive features include an always-on network connection and “apps” to run the mobile software. In a review of the literature, Schrock (2015) synthesizes a decade’s worth of findings and formulates a typology of mobile affordances: portability, availability, locatability (based on the location-based GPS enabled features) and multimodality (based on the integrated photo and video capabilities) (Schrock, 2015).

Other streams of research on the smartphone device provide insights. Indeed, among other technologies, smartphones have high levels of both information capability (the ability of a device ecosystem to transmit, receive, and process information) and pervasivity (the extent to which the device is portable and operational) (Lurie *et al.*, 2018). Relative to computers, mobile devices such as smartphones provide convenience across both temporal and spatial dimensions because of their ergonomic (i.e., size) and technological features (i.e., integrated telecommunication network) (Wang, Malthouse et Krishnamurthi, 2015). However, smartphones usually have a smaller size than standard computers, which imposes constraints in terms of the screen size, and thus, the organization of the information (Chae and Kin, 2004).

Hence, it is possible to notice that based on smartphones’ innate physical and design characteristics, this artifact provides cues of its potential uses that differ from the cues a computer provides, further reinforcing that different technological device have different affordances.

The theory of task-technology fit

The following paragraphs provide an overview of the task-technology fit framework, which is paramount to explore the device-affordance alignment with the user goal. First, the task-technology fit framework is highlighted, as it represents a theoretical basis for this article. Second, the task-technology affordance fit proposition is presented.

The task-technology fit framework

The theory of task-technology fit was first introduced by Goodhue and Thompson (1995) in the field of information systems. It refers to “the degree to which technology assists an individual in performing his or her tasks” (Goodhue et Thompson, 1995, p.216). At its simplest expression, task-technology fit represents the match between a task and a technology that results in a positive outcome expressed in productivity or performance and technology use (Zigurs et Buckland, 1998; Zigurs et Khazanchi, 2008; Furneaux, 2012). This framework can be applied to different settings, such as at the organizational-level, team-level, and individual-level. For example, at a team-level, Kerr and Murthy (2004) compare the performance of computer-mediated and face-to-face teams on divergent and convergent brainstorm processes. Their results are consistent with the task-technology fit theoretical predictions, meaning that the alignment between the task (divergent or convergent brainstorm) and the technology (computer-mediated or face-to-face) used to perform the task, created a significant difference in the performance outcomes. Indeed, face-to-face teams performed better on the convergent aspect of the task, while computer-mediated teams performed better on the divergent aspects of the task (Kerr et Murthy, 2004).

The task-technology fit theory has been applied to several contexts to understand how specific tasks generate better outcomes when completing them on specific technologies (Lu et Yang, 2014; Chung, Lee et Choi, 2015). Authors in the field of information systems provide in-depth reviews of the literature and propose to refine and to extend the task-technology framework to a wide array of contexts (Mathieson et Keil, 1998; Dishaw et Strong, 1999; Zigurs et Khazanchi, 2008; Furneaux, 2012; D'Ambra, Wilson et Akter, 2013; Howard et Rose, 2019).

Although the task-technology framework was developed to evaluate organizational technology interactions, it can be applied to the individual level in the field of e-commerce (Klopping et McKinney, 2004; Aljukhadar, Senecal et Nantel, 2014). In order to adapt it, authors have removed the “productivity” or “performance” outcome and instead included other outcomes, such as “actual use” (Dishaw et Strong, 1999), “perceived performance” (Zigurs et Buckland, 1998), or “purchase intentions” (Ching-Chang Lee, Cheng et Cheng, 2007).

In an e-commerce context, the technology component of the framework is often represented by the technological devices (namely smartphones, computers, and tablets) used by customers in carrying out their digital-shopping tasks. Thus, the task-technology fit theory considers the entanglement between the attributes of the technology and the specificities of given tasks and can begin to explain

why some consumers gravitate towards specific devices to conduct specific tasks (D'Ambra, Wilson et Akter, 2013). It is a well-established framework that highlights that outcomes can significantly vary when using different technologies. For example, Lee and colleagues (2007) propose a model that explores the adoption of mobile commerce in the insurance industry. They, more specifically, aim to understand which personal digital assistants' characteristics are best for which type of tasks of insurance agents.

The task-technology affordance fit proposition

While the standard task-technology fit framework is a widely used tool to explain the positive outcomes that result from the alignment between tasks and technologies, this article proposes two variations to the model.

First, this study suggests the use of the affordances of technological devices instead of the technology component only. Technologies can be used in a wide array of manners, given the context of the interaction and the user's characteristics. Hence, affordances, which are "the cues of the potential uses of an artifact by an agent in a given environment" (Burlamaqui et Dong, 2015, p.13), could potentially provide an interesting lens to analyze the entanglement between human action and technological capability (Faraj et Azad, 2012). In the human-computer interaction literature, there are many research articles on affordances (Cochrane et Bateman, 2010; Kuo *et al.*, 2013; Carte, Schwarzkopf et Wang, 2015; McEwan et Fox, 2015), task-technology fit (Zigurs et Khazanchi, 2008; Aljukhadar, Senecal et Nantel, 2014; Lu et Yang, 2014), and some that argue that it is the affordances themselves that embody the concept of fit (Davern, 2007; Carte, Schwarzkopf et Wang, 2015). However, to our knowledge, no article leverages the affordance perspective within the task-technology fit theory to shed light on the relationship between users, technologies, and outcomes. The term "task-technology affordance alignment" is used in the following paragraphs to illustrate this proposition.

Second, this article suggests the use of the user experience as the outcome variable. Indeed, the performance outcome component of the original task-technology fit framework does not apply to all e-commerce contexts (Zigurs et Buckland, 1998; Dishaw et Strong, 1999; Ching-Chang Lee, Cheng et Cheng, 2007). Thus, the user experience, which is the "user's perceptions and responses (i.e., emotions, preferences, and behaviors) that result from the use of a system, product or service" (ISO, 2019), would be an interesting outcome variable to consider as well. In light of the previous paragraphs, the concept of affordances provides vocabulary useful to analyze the entanglement

between human action and technological capability (Faraj et Azad, 2012). Likewise, user experience focuses on the interaction between users and technologies. It is thus interesting to leverage the concept of affordances to better understand user experience, more specifically within the theoretical framework of task-technology fit. Leveraging the task-technology affordance alignment framework, a better user experience should emerge from the alignment between a technological device’s affordances and the type of task performed on the said device. This is the case because the user should experience more positive responses when using a device that provides adequate affordances to complete a specific task.

1.3. Hypothesis development

Figure 2 illustrates the conceptual model that guides the present article. In the following paragraphs, the hypotheses underlying this model are reported. We hypothesize that the affordances of technological devices, such as smartphones and computers, result in different user experiences, and that this relationship is moderated by the type of task performed on these technological devices. The “direct effect” section pertains to the effect of the affordances of technological devices on the resulting user experience, comprising both the cognitive and emotional state. The “moderation effect” section relates to the effect of the alignment between the affordances of technological devices and the tasks performed on these devices, on the resulting user experience comprising both the cognitive and emotional state.

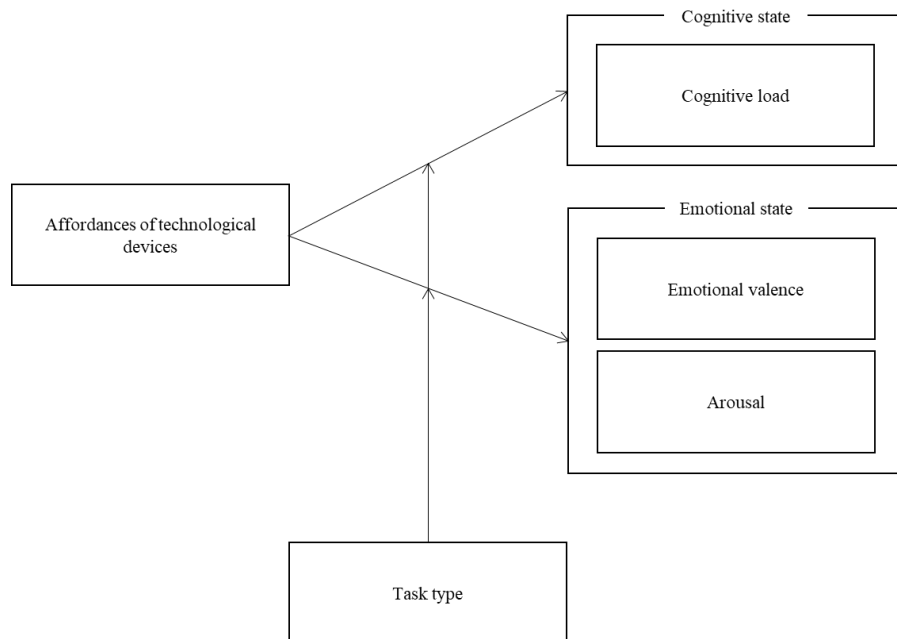


Figure 2: Conceptual model

Direct effect

Through the lens of affordances, it has been shown so far that different technologies possess different affordances. This article argues that the technologies (in this case, smartphones and computers) which possess different affordances, in turn, lead to different experiences when an agent is interacting with them. In the next paragraphs, the notion of experience is defined, as well as two of its essential components, cognitive and emotional states of users.

To compare the experience lived by a user on a smartphone and a computer (two technologies with different affordances), it is important to delineate what constitutes an experience. In simple words, user experience is a user's perceptions and responses (i.e., emotions, preferences, and behaviors) that result from the use of a system, product or service (ISO, 2019). In his conceptualization, Norman (2013) emphasized the importance of human cognitive and emotional processing functions to give meaning to interactions with technologies or objects. In Norman's words, "cognition attempts to make sense of the world: emotions assign a value" (Norman, 2013, p.47). Indeed, the user's internal and physical state resulting from the context of use is an essential component of user experience (Hartson et Pyla, 2012). Zajonc's (1980) research suggests that emotional and cognitive reactions are under the control of separate and partially independent systems that can influence each other in a variety of ways (Zajonc, 1980). With that in mind, the cognitive and emotional states of users represent essential components of the user experience.

First, regarding the cognitive state of users, cognition refers to the mental processes involved in gaining knowledge and comprehension, namely thinking, knowing, remembering, judging, and problem-solving. They represent higher-level functions of the brain and encompass language, imagination, perception, and planning (APA, 2020). The cognitive state refers to the level of an individual's cognitive processing (Marshall, 2007) when making sense of the world. When studying the effect of affordances of technological devices (in this case, smartphones and computers) on a user's cognitive state, an excellent starting point lies the analysis of the level of effort required for the user to process the information (Kahneman, 1973) and, thus, gain knowledge and understand.

The literature provides some starting points to explore the cognitive impact of human-smartphone (vs. human-computer) interaction. On the one hand, research shows that the smartphone device itself, because of its prevalent and pervasive use, creates an increased cognitive effort that arises from the habit of multitasking on a smartphone (Lurie *et al.*, 2018). Lurie and colleagues (2018)

also note the importance of the cognitive resources associated with mobile technologies. They argue that consumers on the mobile channel have fewer cognitive resources available to devote to information search and decision-making tasks. On the other hand, authors emphasize the cognitive impact of smartphone use because of the smartphone's natural device characteristics and specifications. Indeed, browsing on a smartphone induces a higher cognitive load because of the constraints in terms of the information structure and screen size, which significantly affect the navigation behavior and perceptions of users (Chae and Kin, 2004). Compared to larger devices such as computers, the smaller keyboards and screens of smartphones increase the physical and cognitive effort required for using the device (Raptis *et al.*, 2013). Moreover, in the context of e-commerce precisely, it has been shown that it is crucial to reduce the cognitive efforts required for users to undertake and complete digital transactions on any device, because of the complexity of the online shopping task in and of itself (Desrochers, 2019). Hence, all things put into consideration, it might be the case that, for an equivalent task, more cognitive efforts are required when interacting with a smartphone (vs. computer). Thus, we posit our first hypothesis.

H1: For equivalent tasks, a user's interaction with a smartphone generates a greater cognitive load than a user's interaction with a computer.

Second, regarding the emotional state of users, Mehrabian and Russell (1974) identify three primary factorially orthogonal emotional dimensions that are impacted by environmental stimuli (i.e., technological devices): pleasure (displeasure), arousal (nonarousal), and dominance (submissiveness). Given the argued cognitive nature of the dominance (submissiveness) dimension, many authors have followed not included the dominance dimension in their models (Russell, 1980; Russell et Pratt, 1980; Russell et Lanius, 1984; Russell, Weiss et Mendelsohn, 1989; Russell et Carroll, 1999; Russell, 2003; Russell, Bachorowski et Fernández-Dols, 2003). Hence, in this research, the pleasure (displeasure) and the arousal (nonarousal) dimensions will serve as a basis to explore the emotional state of users.

Starting with the pleasure (displeasure) dimension, it refers to the degree to which a person feels good, joyful, happy, or satisfied in the situation (Mehrabian et Russell, 1974; Donovan et Rossiter, 1982). A few researchers have shed light on the emotional repercussions of a smartphone (vs. computer) interaction. On the first hand, the haptic nature of the interaction with smartphones (vs. computers) impacts the user's emotional state. Indeed, authors argue that touch-interfaces prompt more affect-laden choices (Shen, Zhang et Krishna, 2016) and an increased endowment effect (Brasel et Gips, 2014). On the other hand, authors suggest that users experience a more positive

emotional state on a smartphone (vs. computer) due to their pervasive nature that can help adults navigate through their daily activities (Melumad, Inman et Pham, 2019). Indeed, building on the attachment theory, which describes how children form robust emotional attachments to objects that represent a source of security and comfort for them (Winnicott, 1953), Melumad and Pham (2017) show that smartphones serve as these attachment objects. The authors develop the *Adult Pacifier Hypothesis* by showing that smartphones provide greater comfort (vs. computers) (Melumad et Pham, 2017). Hence, all things put into consideration, it might be the case that, for an equivalent task, more positive emotions are experienced when using a smartphone (vs. computer). Thus, we posit our second hypothesis.

H2: For equivalent tasks, a user's interaction with a smartphone generates a more positive emotional valence than a user's interaction with a computer.

Continuing with the arousal (nonarousal) dimension, it refers to the degree to which a person feels excited, stimulated, alert, or inactive in the situation (Mehrabian et Russell, 1974; Donovan et Rossiter, 1982). It can be defined as the state of reactivity of the body's nervous system to respond to a stimulus (Menon et Kahn, 2002). Although there are limited studies (vom Brocke *et al.*, 2020) that showcase the impact of smartphones and computers' affordances themselves on the arousal experienced by their users, it is possible to seek a potential explanation in connected fields. Namely, Warriner, Kuperman and Brysbaert (2013) explore the emotional meaning of 14 000 words in the English vocabulary and found that there is a U-shaped relationship between arousal and valence (which is the metric that represents the previously described "pleasure" dimension). More precisely, this means that words that are very positive or very negative generate more arousal than words that appear to be neutral (Warriner, Kuperman et Brysbaert, 2013). The same type of relationship between valence (pleasure dimension) and arousal is supported by other authors (Bradley et Lang, 1999; Redondo *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2012). Hence, all things put into consideration; it might be the case that the increase in positive emotions occurs in conjunction with a higher arousal level. More precisely, this means that, as per the previous hypothesis, for an equivalent task, a higher arousal level is experienced when using a smartphone (vs. computer). Thus, we posit our third hypothesis.

H3: For equivalent tasks, a user's interaction with a smartphone generates higher arousal than a user's interaction with a computer.

Moderation effect

To explore the joint effect of affordances and user goals (tasks) (Venkatraman, 1989), it is crucial to define more precisely the tasks that make up digital shopping.

According to Goodhue and Thompson (1995, p.216), tasks are “actions carried out by individuals that turn inputs into outputs.” Shoppers undertake a variety of them while visiting a brick-and-mortar or digital store, for instance, searching for a product, comparing prices, and paying for the selected item.

A wide range of shopping-task taxonomies has been put forward to shed light on the phenomenon. Some authors agree that there are two significant categories of shopping tasks; searching tasks and browsing tasks (Toms, 2000; Yüksel, 2007). In searching tasks, consumers have specific predetermined goals that guide the shopping trip. In browsing tasks, however, consumers rather have a general objective for the shopping trip, which is often qualified as more experiential (Hoffman et Novak, 1996). Building on this taxonomy, Moe (2003) introduces a third category, comprising the purchase-related tasks.

The introduction of purchase-related (Moe, 2003) tasks echoes with other research that has shown there is a fundamental difference between hedonic and instrumental tasks, specifically in technology-mediated environments (Hans van der, 2004; O’Brien, 2010). One can argue that hedonic tasks pertain to shopping tasks (selecting and browsing), and instrumental tasks pertain to purchase-related tasks (administrative). Indeed, shopping-related tasks, whether searching or browsing, go beyond functional utility (Bloch, Sherrell et Ridgway, 1986) and generate experiential implications. It is, therefore, essential to distinguish practical tasks from more hedonic ones (Batra et Ahtola, 1991).

Hence, if the affordances of the devices (smartphones and computers) on which digital-shopping tasks are performed do affect the users’ cognitive and emotional states, it is possible to hypothesize that the type of task performed might modify this relationship. Leveraging the task-technology theory and analyzing a step further, it might be the case that utilitarian tasks provide a better user experience on a utilitarian technological device. In comparison, hedonic tasks provide a better user experience on a hedonic technological device. Indeed, the task-technology theory proposes that technologies positively impact user outcomes when they are utilized and match a task (Goodhue et

Thompson, 1995). Given the hypotheses in the previous section, we hypothesize that the computer is the more utilitarian device, while the smartphone is the more hedonic one.

Therefore, regarding the cognitive state more precisely, it is hypothesized that, on a smartphone, shopping tasks require less cognitive efforts than administrative tasks, because the shopping task (task) and the smartphone (technology) fit together as they are both considered more hedonic. Conversely, on a computer, administrative tasks require less cognitive efforts than shopping tasks, because the administrative task (task) and the computer (technology) fit together as they are both considered more utilitarian. Thus, we posit our fourth hypothesis.

H4a: For equivalent shopping tasks, a user's interaction with a smartphone generates a lower cognitive load than a user's interaction with a computer.

H4b: For equivalent administrative tasks, a user's interaction with a smartphone generates a greater cognitive load than a user's interaction with a computer.

Regarding the emotional state, it is first hypothesized that, on a smartphone, shopping tasks generate a higher emotional valence than administrative tasks, because the shopping task (task) and the smartphone (technology) fit together as they are both considered more hedonic. Conversely, on a computer, administrative tasks generate a higher emotional valence than shopping tasks, because the administrative task (task) and the computer (technology) fit together as they are both considered more utilitarian. Thus, we posit our fifth hypothesis.

H5a: For equivalent shopping tasks, a user's interaction with a smartphone generates a more positive emotional valence than a user's interaction with a computer.

H5b: For equivalent administrative tasks, a user's interaction with a smartphone generates a more negative valence than a user's interaction with a computer.

It is also hypothesized that, on a smartphone, shopping tasks generate more arousal than administrative tasks, because the shopping task (task) and the smartphone (technology) fit together as they are both considered more hedonic. Conversely, on a computer, administrative tasks generate more arousal than shopping tasks, because the administrative task (task) and the computer (technology) fit together as they are both considered more utilitarian. Thus, we posit our sixth hypothesis.

H6a: For equivalent shopping tasks, a user's interaction with a smartphone generates greater arousal than a user's interaction with a computer.

H6b: For equivalent administrative tasks, a user's interaction with a smartphone generates lower arousal than a user's interaction with a computer.

1.4. Method

A 2 (affordances of technological devices: smartphone or computer) X 2 (type of task: administrative or shopping) within-subject controlled experiment was conducted. Twenty-five participants ($\bar{x}_{\text{Age}} = 25,6$ and $P_{\text{female}} = 56\%$) completed six tasks of similar nature on both a smartphone (iPhone 6S Plus – IOS 12.1.4) and a desktop computer (Lenovo – Windows 10 Enterprise) for which they received a small monetary compensation. Participants were recruited from the University's research recruitment portal and an external marketing firm (see Appendix 1 for the eligibility criteria). The relatively small sample size is comparable to the average sample size used in NeuroIS research and is deemed adequate in research using neurophysiological tools (Riedl, Fischer et Léger, 2017; Riedl *et al.*, (Forthcoming)).

Study Context

A Quebec grocer's mobile application and website (using Chrome browser) were used for the experiment. Digital grocery serves as the context of this study for two main reasons. First, while online and mobile grocery shopping has been available for some time, both have had a low adoption rate since their inception. Canadian consumers' in-store grocery expenditures (91,58%) are much larger relative to their digital grocery expenditures on computers, tablets, and smartphones (8,42%) (Statista, 2018). According to a 2019 study, only 15.72% of Canadians have shopped for groceries on a digital platform at least once (Statista, 2019b), leaving 84,28% of Canadians having never interacted with such platforms. Hence, digital grocery allows the comparison of smartphones and computers on an even playing field and captures the variations caused by the devices' affordances themselves. Second, the current research follows previous work on online grocery, which analyses the user experience of shoppers through psychophysiological measures (Desrochers *et al.*, 2019; Giroux-Huppé *et al.*, 2019). These articles also serve as a guideline for the data collection protocol and procedure.

Procedure

Data collection took place in a laboratory that uses technological tools handled by trained research assistants³. Upon arrival and following the guidelines of the University's Research Ethics Board, participants were indicated to read the study information to give informed consent to partake in the experiment. After proper permission from the participant and following protocol procedure, a research assistant proceeded to install and calibrate the psychophysiological measurement tools.

Participants took part in both conditions; they interacted with both devices studied (smartphone and computer) to minimize variations arising from individual differences (Charness, Gneezy et Kuhn, 2012). The order in which the participants used the devices was randomized to reduce potential learning and transfer across conditions (Budescu et Weiss, 1987). The six tasks performed (see Appendix 2 for the list of tasks) on both platforms are deemed equivalent, as per the careful evaluation of three experts during the pretest of the experiment (Perdue et Summers, 1986). The similar nature of each task on both devices allows for a higher comparison potential of the psychophysiological data, which ensures greater internal validity. Standardized instructions were provided to the participants. It is important to note that the smartphone was mounted on a stand to ensure consistency across interactions.

Measures and materials

Psychophysiological measures are physiological responses of the human body to psychological manipulations (Andreassi, 2010; Riedl et Léger, 2016). These responses are physical signals that make it possible to determine humans' mental processes by monitoring their bodily changes. Psychophysiological measures provide an objective (Kivikangas *et al.*, 2011), multidimensional (Kramer, 1991), continuous (Kramer, 1991), implicit (Ikehara et Crosby, 2010), and unobtrusive technique to assess users' cognitive and affective states (de Guinea, Titah et Léger, 2014).

In comparison to self-reported data, physiological measures, which come from neuroscience methods and tools, enable the researchers to get a more objective view of a phenomenon (Loos *et al.*, 2010). It is noted that during a user's interaction with technology, some feelings do not reach the level of awareness, which grants the need for technology that allows researchers to investigate cognitive and emotional states implicitly in a human-computer interaction context (Dimoka *et al.*, 2012). NeuroIS research focuses on leveraging neuroscience methods and tools to complement

³ The data was collected in March 2019.

traditional research approaches. Authors in the field provide in-depth overviews of psychophysiological measures, such as pupillometry, facial expression recognition and electrodermal activity (Dimoka, Pavlou et Davis, 2011; Dimoka *et al.*, 2012; de Guinea, Titah et Léger, 2014; Riedl, Davis et Hevner, 2014; Riedl, Fischer et Léger, 2017)

Three psychophysiological metrics are used to measure the variation in the cognitive and emotional states: cognitive load, emotional valence, and arousal.

Cognitive load: The participants' pupil diameter (millimeters) is used as a proxy to measure their cognitive load (Zhang, Gangwar et Seetharaman, 2017), keeping the light level constant in a controlled laboratory environment (Ganglbauer *et al.*, 2009). Tobii Pro X3-120 eye tracker (Stockholm, Sweden) allows for tracking such data with its pupillometry feature. Tobii Pro X3-120 eye tracker is an unobtrusive stand-alone eye-tracker that can be used in various settings by attaching it to monitors, laptops, or other various supports (Tobii AB, 2017). Its wide-range head movement perimeter allows the participants to move naturally during the experiment to ensure data accuracy and ecological validity. Tobii Pro X3-120 eye-tracker has a sampling rate of 120 Hz (pupil measurement – 40 Hz), meaning that it captures 120 data samples per second (Tobii AB, 2017). Specifically, the Tobii Pro X3-120 eye tracker uses infrared diodes to generate reflection patterns on the corneas of the participant's eyes, which, combined with the visual stimulus and image processing algorithms, can identify various metrics related to the participant's gaze and pupil measurement (Tobii AB, 2017). Before each participant interacts with the smartphone and the computer, a calibration of the eye-tracker occurs to account for participant's features. Trained research assistants follow protocol procedures to do so. Tobii Pro eye trackers are cited in over 1400 peer-reviewed research articles (www.tobii.com), and they provide an accurate and precise measurement for adult participants (Dalrymple *et al.*, 2018).

Emotional valence: Participants' facial expressions are tracked using facial recognition software to characterize their emotions. FaceReader™ Software (Noldus, Wageningen, Netherlands) classifies a user's facial expressions in one of the basic universal emotional categories: happy, sad, angry, surprised, scared, disgusted (Ekman, 1992), and neutral. The software enables the observation of the extent and amount of positive and negative emotional reactions and generates the participant's emotional valence (Loijens et Krips, 2014). The users' emotional valence represents the extent of "happy" facial expressions from which the negative facial expressions are subtracted (Lewinski, den Uyl et Butler, 2014). The result highlights whether the user's emotional state is positive or negative. During the experiment, a video of the participant's face is recorded with a webcam

(Microsoft LifeCam HD-300; 30 frames per second) and afterward uploaded in FaceReader™ Software in the preprocessing phase to generate values of emotional valence. The FaceReader™ Software has been frequently used and tested in the human-computer interaction (Terzis, Moridis et Economides, 2013), and it has been shown to provide an accurate depiction of human's emotional reactions (Dupré *et al.*, 2020).

Arousal: Participant's electrodermal activity is used to measure their arousal level during the tasks on both interfaces (Ganglbauer *et al.*, 2009). Electrodermal activity is an involuntary response that measures the eccrine activity dependent on the sympathetic nervous system activity that arises from environmental stimuli (Biopac Systems Inc., 2015). Biopac System' (Biopac, Goleta, USA) tools and software with a 50 Hz sampling rate were used. The skin conductance is measured by placing two sensors on the participant's hands, which is in line with the sweat production glands found in human's extremities such as the palm (Biopac Systems Inc., 2015). A very low and constant voltage is subsequently applied (not felt by the participant), measured, and converted to the skin's conductance (microsiemens) following Ohm's law (Biopac Systems Inc., 2015).

Data analysis

Following the manipulations, three software were used to transform the data. First, eye-tracking data from Tobii Studio 3.4.6. (Tobii AB, 2017) was coded to separate and discriminate each task performed and obtain the pupil size of users at various moments during the experiment. Second, the video data from users' interaction with each device was uploaded onto FaceReader™ 7.1. (Noldus, 2018), which enables the computation of the emotional valence of the users at various moments during the experiment. Third, data from Biopac Systems (Biopac Systems Inc., 2015) was transferred to the Acqknowledge 4.3. software to process the information for each participant and obtain the arousal level of users. Data from these three sources were analyzed individually to ensure data quality and remove any outliers. It was subsequently exported into a compatible file format.

Each previously mentioned file was uploaded onto CubeHX's data triangulation platform (www.cubehx.com) to synchronize all psychophysiological data (Léger *et al.*, 2014). CubeHX's methodology allows triangulating data faster than manual triangulation (Courtemanche *et al.*, 2019) while converting all measures on the same time scale to ensure their appropriate comparison potential (Léger *et al.*, 2019).

Each participant that did not have a complete profile of psychophysiological measures (containing data for each task on each platform) was removed from analyses. A total of six participants were removed, which explains the sample size of twenty-five.

Before the statistical analyses, data were transformed in two ways. First, psychophysiological values for the pupil size and the arousal were adjusted to the users' initial states to account for individual differences in emotional and cognitive starting states (Riedl, Davis et Hevner, 2014). The baseline value represents the average pupil size and electrodermal activity level of a participant before the start of the experiment. The change of measure that results from the experimental manipulation is the focus of the analysis (Riedl, Davis et Hevner, 2014). Second, data obtained for each task were aggregated into two categories (administrative and shopping), following task-classification taxonomies as reviewed in the previous section (see Appendix 2 for task classification) (Bloch, Sherrell et Ridgway, 1986; Batra et Ahtola, 1991; Moe, 2003).

1.5. Results

Descriptive statistics

The distribution of data is relatively centered on the mean and has an acceptable level of skewness and kurtosis. It is, therefore, not submitted to normalization procedures. Table 2 provides more details in the sample's descriptive statistics of the three metrics: pupil size, valence, and arousal. This data represents the descriptive statistics resulting from the smartphone and the computer interaction

	Smartphone			Computer			Total		
	pupil size	emotional valence	arousal	pupil size	emotional valence	arousal	pupil size	emotional valence	arousal
Mean	0,15	-0,05	0,71	-0,02	-0,16	0,23	0,06	-0,11	0,47
SD	0,16	0,23	1,12	0,19	0,23	1,31	0,19	0,24	1,24
Minimum	-0,20	-0,51	-2,33	-0,54	-0,69	-2,22	-0,62	0,13	-0,23
Maximum	0,61	0,52	3,20	0,33	0,36	2,43	4,81	2,71	2,45
Skewness	0,14	0,09	-0,07	-1,21	0,18	-0,20	-0,54	-0,69	-2,33
Kurtosis	1,38	-0,27	-0,07	1,74	-0,10	-0,98	0,61	0,52	3,20
n	50	50	50	50	50	50	100	100	100

Table 2: Descriptive statistics of the sample

Direct effect

In this section, hypotheses H1, H2 and H3 are tested

The pupil size, the valence, and the arousal obtained during the participant's interaction with each device studied (smartphone and computer) were compared to measure the direct effect of the affordances of technological devices on user experience

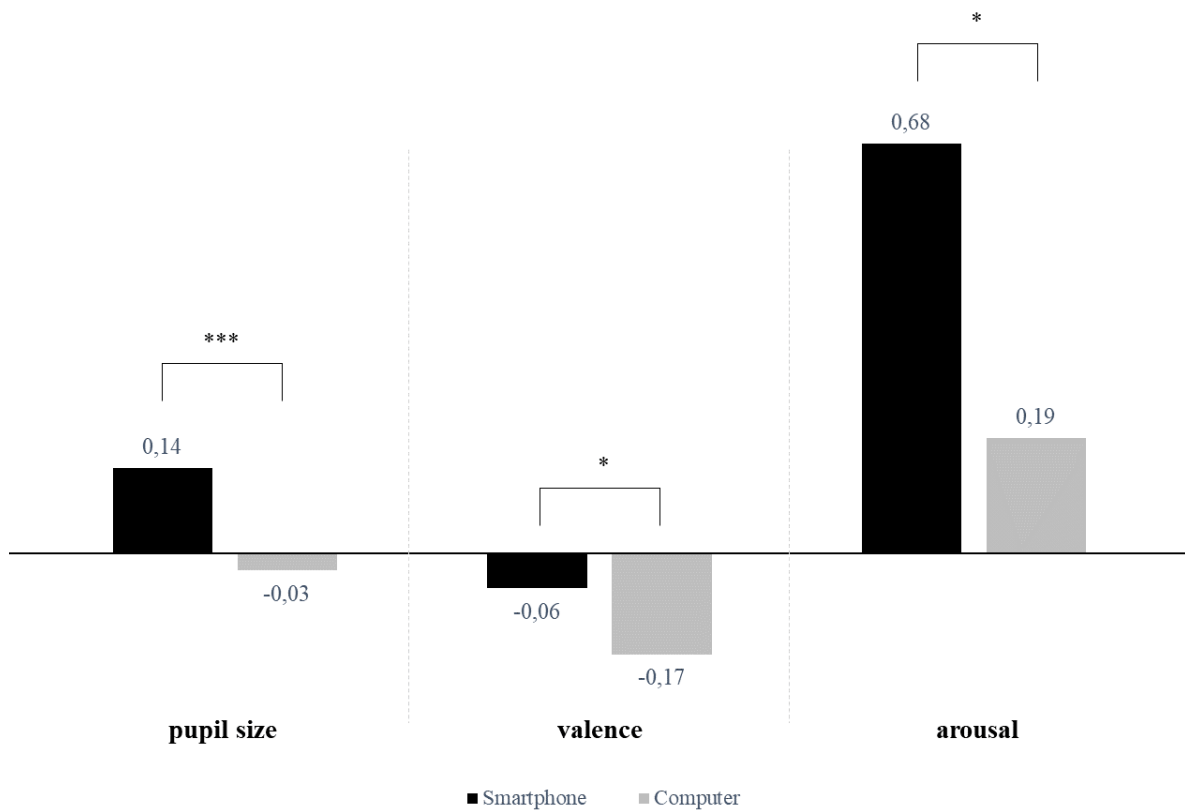


Figure 3: Pupil size, emotional valence, and arousal for smartphones and computers

Study results (Figure 3) highlight significant differences between the experience lived on a smartphone and a computer. Given the directionality of the hypotheses, one-tailed p-values are presented below.

First, results of paired sample t-test with the device as the independent variable and pupil size as the dependent variable show that there is a significant difference in the average pupil size of

participants when interacting with a smartphone (vs. computer) ($\bar{x}_{smartphone} = 0,14$; $\bar{x}_{computer} = -0,03$; $t = -4,12$; $p = 0,00$). This result supports H1.

Second, results of paired sample t-test with the device as the independent variable and emotional valence as the dependent variable show that there is a significant difference in the average valence of the participants when interacting with a smartphone (vs. computer) ($\bar{x}_{smartphone} = -0,06$; $\bar{x}_{computer} = -0,17$; $t = -1,68$; $p = 0,05$). This result supports H2.

Finally, results of paired sample t-test with the device as the independent variable and arousal as the dependent variable show that there is a significant difference in the average arousal of the participants when interacting with a smartphone (vs. computer) ($\bar{x}_{smartphone} = 0,68$; $\bar{x}_{computer} = 0,19$; $t = -1,97$; $p = 0,03$) This result supports H3.

Moderation effect

In this section, hypotheses H4ab, H5ab and H6ab are tested

The results for the average measures in the four conditions are presented in the figure below (Figure 4). First, on average, pupil dilatation is the lowest when users perform administrative tasks on their computer ($\bar{x} = -0,03$), followed by shopping tasks on their computer ($\bar{x} = -0,01$), administrative tasks on their smartphone ($\bar{x} = 0,15$) and shopping tasks on their smartphone ($\bar{x} = 0,15$). Second, on average, emotional valence is the lowest when users perform administrative tasks on their computer ($\bar{x} = -0,18$), followed by shopping tasks on their computer ($\bar{x} = -0,15$), administrative tasks on their smartphone ($\bar{x} = -0,05$) and shopping tasks on their smartphone ($\bar{x} = -0,05$). Finally, on average, arousal is the lowest when users perform shopping tasks on their computer ($\bar{x} = 0,15$), followed by administrative tasks on their computer ($\bar{x} = 0,31$), shopping tasks on their smartphone ($\bar{x} = 0,67$) and administrative tasks on their smartphone ($\bar{x} = 0,74$).

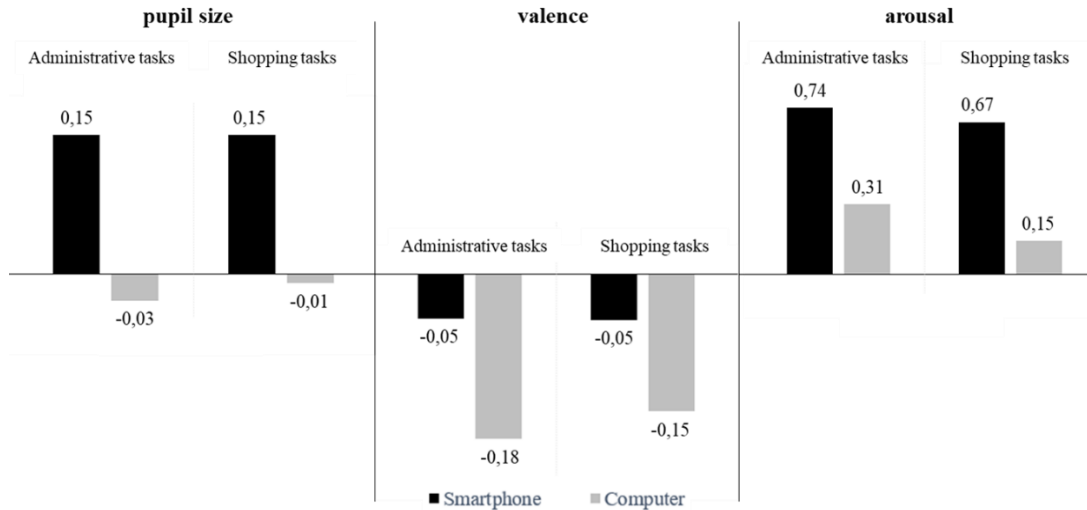


Figure 4: Pupil size, emotional valence, and arousal for the four experimental conditions

First, a series of ordinary least squares (OLS) regressions (Saunders, 1956; Zedeck, 1971) were conducted to examine the overall effects of the device type (computer or smartphone) and the task type (administrative and shopping) on cognitive load (pupil size). Direct effect of device type ($\beta=0,17$; $p=0,0005$; $R^2\text{-ajd} = 0,1927$) is significant, while the combined direct effect of the device type and the task type ($\beta=0,01$; $p=0,3563$; $R^2\text{-ajd} = 0,1849$) is not significant. Interaction of device type and task type was found and significant for two of four experimental conditions: the smartphone and administrative tasks ($\beta=0,16$; $p=0,0008$; $R^2\text{-ajd} = 0,1768$) and the smartphone and shopping tasks ($\beta=0,16$; $p=0,0011$; $R^2\text{-ajd} = 0,1768$). Given that the results are not significant across all three tests and all four experimental conditions, this result does not support hypotheses H4a and H4b, which test the moderation effect of task type on the relationship between affordances of technological devices and the resulting cognitive load.

Second, a series of ordinary least squares (OLS) regressions (Saunders, 1956; Zedeck, 1971) were conducted to examine the overall effects of the device type (computer or smartphone) and the task type (administrative and shopping) on emotional valence. Direct effect of device type ($\beta=0,11$; $p=0,0869$; $R^2\text{-ajd} = 0,0493$) is significant (at $\alpha=10\%$ for the two-tailed p-value), while the combined direct effect of the device type and the task type ($\beta=0,02$; $p=0,2327$; $R^2\text{-ajd} = 0,0407$) is not significant. Interaction of device type and task type was not found nor significant. Given that the results are not significant across all three tests and all four experimental conditions, this result does not support hypotheses H5a and H5b, which test the moderation effect of task type on the relationship between the affordances of technological devices and the resulting emotional valence.

Third, a series of ordinary least squares (OLS) regressions (Saunders, 1956; Zedeck, 1971) were conducted to examine the overall effects of the device type (computer or smartphone) and the task type (administrative and shopping) on arousal. Direct effect of device type ($\beta=0,48$; $p=0,0933$; $R^2\text{-ajd} = 0,0281$) is significant (at $\alpha=10\%$ for the two-tailed p-value), while the combined direct effect of the device type and the task type ($\beta=-0,11$; $p=0,3188$; $R^2\text{-ajd} = 0,0202$) is not significant. Interaction of device type and task type was found and significant for one out of four experimental conditions: the administrative tasks on smartphone ($\beta=0,59$; $p=0,0909$; $R^2\text{-ajd} = 0,0103$). Given that the results are not significant across all three tests and all four experimental conditions, this result does not support hypotheses H6a and H6b, which test the moderation effect of task type on the relationship between affordances of technological devices and the resulting arousal.

1.6. Discussion

The objective of this study is to explore the effect of the alignment between the affordances of technological devices and tasks performed on these devices on the user's shopping experience. The article builds upon the conceptualization of affordances by Burlamaqui and Dong (2015) and leverages the theoretical framework of task-technology fit in e-commerce by Klopping and McKinney (2004). The following paragraphs discuss the results that stem from the first research question: to what extent do the affordances of technological devices influence the experience of a user?

Following the manipulations and analyses, it is possible to notice that the affordances of the technological devices have a significant impact on both the user's cognitive and emotional states.

Regarding the impact on the user's resulting cognitive state, results show that performing digital-shopping operations on a smartphone generates a higher cognitive load. As illustrated in figure 3, the average pupil of the users was significantly more dilated when they interacted with the smartphone than when they interacted with the computer. This indicates that more considerable mental efforts resulted from the shopping session on the smartphone, which confirms the first hypothesis (H1: for equivalent tasks, a user's interaction with a smartphone generates a higher cognitive load than a user's interaction with a computer.).

There are many avenues to attempt to explain why smartphones require more considerable cognitive effort than computers. One approach lies in the design of smartphones, which provide different affordances than computers. Smartphones indeed have innate constraints in terms of

screen size, and thus, the organization of information creates a need for additional mental resources to efficiently process the information (Raptis *et al.*, 2013).

Hence, the different affordances of the different technologies did generate a different experience, expressed in terms of the cognitive state.

Continuing with the impact of the device on the emotional state, more specifically, the pleasure (displeasure) dimension (Mehrabian et Russell, 1974), results show that performing digital-shopping operations on a smartphone generates a higher emotional valence. As illustrated in figure 3, the average valence of the users was significantly larger when they interacted with the smartphone than when they interacted with the computer. However, the results of both devices average below zero. This indicates that more positive emotions resulted from the shopping session on the smartphone, which confirms the second hypothesis (H2: for equivalent tasks, a user's interaction with a smartphone generates a more positive emotional valence than a user's interaction with a computer).

There are again many avenues to attempt to explain why smartphones generate higher emotional valence (more pleasure). One direction pertains to the multisensory aspect of the experience, mainly driven by the touch-operated screen (Brasel et Gips, 2014, 2015; Krishna, Cian et Sokolova, 2016; Shen, Zhang et Krishna, 2016; Hattula, Herzog et Ravi, 2017; Xu *et al.*, 2017). Even if computers, like any other material object, afford touching because of their materiality, they do not react to on-screen touch-based commands (the computer did not have a touchscreen in the experiment). This "touchability-reactibility" affordance is an essential cornerstone for smartphones and can potentially explain why smartphones generate more positive emotions than computers.

Lastly, regarding the impact of the device on the emotional state, more specifically, the arousal (nonarousal) dimension (Mehrabian et Russell, 1974). Results show that performing digital-shopping operations on a smartphone generates higher arousal. As illustrated in figure 3, the average arousal of the users was significantly higher when they interacted with the smartphone than when they interacted with the computer. This indicates that more activation resulted from the shopping session on the smartphone, which confirms the third hypothesis (H3: for equivalent tasks, a user's interaction with a smartphone generates higher arousal than a user's interaction with a computer). The increase in arousal did happen in conjunction with an increase in emotional valence when interacting with the smartphone. An important point to note is the fact that emotional valence and arousal did not seem to grow at the same pace, this seems to be in-line with the u-shaped

function that connected both measures in previous research (Bradley et Lang, 1999; Redondo *et al.*, 2007; Warriner, Kuperman et Brysbaert, 2013).

Hence, the different affordances of the different technologies did generate a different experience, expressed in terms of the emotional state.

Now, what do these results mean for the overall experience of users with both technological devices? According to Norman (2013), both positive and negative, cognitive and emotional states are valuable and powerful tools for human creativity and action. On the one hand, a positive emotional state is ideal for creative thought, but not very well suited for getting things done. On the other hand, a brain in a negative emotional state provides focus, which is what is needed to maintain attention on a task and finish it (Norman, 2013). What is truly dangerous is the extremes of both the positive and negative states, whether cognitive or emotional. The second research question guiding this article attempts to delve deeper into the relationship between the affordances of technological devices and the resulting user experience by exploring the impact of the type of task performed by the user while shopping. The following paragraphs discuss the results that stem from the second research question: to what extent does a user's goal moderate the effect of the affordances of technological devices on the user experience?

Following the manipulations and analyses, it is possible to notice that the task type does not significantly alter the relationship found between the affordances of the technological device used to shop on a digital platform (smartphone or computer) and the resulting user experience (in terms of cognitive and emotional states).

Leveraging the task-technology fit theory, the rationale for the hypotheses was that it might be the case that utilitarian tasks provide a better experience on a utilitarian platform. In comparison, hedonic tasks provide a better experience on a hedonic platform.

However, results highlight that there is no significant interaction between the affordances of the technological devices (smartphone or computer) and the task type (administrative or shopping) on the resulting user experience (all metrics: cognitive load, emotional valence, and arousal). As illustrated in figure 4, although the average pupil size, valence, and arousal of the users were significantly larger when they interacted with the smartphone than when they interacted with the computer, there is no overall significant difference when delving into the types of tasks. Given the lack of evidence, no conclusion can be made on the fourth, fifth, and sixth hypotheses.

Explanations as to why no interaction was found between the affordances of technological devices and the type of task performed on these devices to explain the resulting user experience might involve the importance of the causal variable (affordances of technological devices). Indeed, it might be the case that the causal variable has too much of an impact on the dependant variables and that, given the sample size, there was not enough evidence to uncover an interaction effect. It might also be the case that the type of digital-shopping tasks performed affects both studied devices in the same manner. Other experiment-related factors are reported in the “limitations” section below. Inconclusive results of modified task-technology fit frameworks have been found in previous research articles. Lee, Chen and Chen (2007) for instance propose a modified task-technology fit model that illustrates the adoption of mobile commerce. While they found factors that significantly affect the adoption of mobile commerce (i.e., position experience, cognitive style, and computer self-efficacy), they also have disclosed non-significant ones (i.e., gender and age).

Limitations

There are many avenues to attempt to explain why the type of task performed (administrative or shopping) did not provide enough evidence to alter the relationship found between the affordances of technological devices used to shop on a digital platform (smartphone or computer) and the resulting user experience (in terms of cognitive and emotional states).

First, although the sample size is within the range of studies using psychophysiological measures (Riedl, Fischer et Léger, 2017), it is mostly comprising students. While it provides an opportunity to focus on the internal validity of the experiment, the sample would benefit from having a greater variety of participants and, of course, in higher numbers.

Second, the tasks comprised within the administrative and the shopping task categories could have affected the results. Indeed, four tasks were aggregated to the administrative category, while there were only two for the shopping category. Increasing the number of tasks within each category and making sure that both categories contained an even number of tasks could potentially provide a more significant picture.

Third, some tasks required the participant to enter fictitious information (such as name, email address, or home address), which were provided in separate instructions. Hence, it is possible that this additional step altered the experience of users and created a bias, more specifically for the administrative tasks. The specified fictitious information was included in the experiment to

preserve anonymity and to mitigate potential risks that the participants already had existing user accounts on the retailer's website and application. Also, the tasks were not fully representative of a regular shopping experience, meaning that participants could not roam freely or complete an actual transaction given experimental constraints. For the sake of internal validity, the tasks (and their order) were dictated. Therefore, giving more freedom to the user to complete an actual transaction could potentially have generated more ecological validity and provided a more significant picture.

Lastly, during the experiment, the smartphone was mounted on a stand and prevented participants from holding it naturally. It was necessary to have the smartphone mounted because there needed to be a reliable and stable base to position the eye-tracker and obtain useful eye-tracking data. The interaction with the smartphone was, therefore, not as natural as it could have been and has potentially affected the experience of the participants.

Those points could all be addressed in future research.

Contributions

Understanding the impact of the affordances of smartphones and computers on the user's cognitive and emotional states enriches current knowledge. It serves as a basis for future research related to the psychology of interface (Brasel et Gips, 2015). Indeed, the present article showcases quantified measurements of the cognitive and emotional experience lived on the two most used devices with interfaces. In the consumer behavior literature, Melumad, Inman and Pham's (2019) research namely highlights the smartphone-specific behavior of disclosing more information when generating content online. The authors hypothesize that the smartphone uniquely lowers the barrier to revealing information because of the device's size characteristics, which focuses the consumers' attention, and the positive emotional associations consumers tend to hold with their device. The present article complements the research above by providing tangible measurements of the emotional state of users when they are interacting with their smartphones (vs. computers) and can potentially serve as a basis to explain why some device-specific behaviors occur for consumers.

This article also serves as a good starting point for practitioners, as they can understand the nature (more cognitive-laden or emotional-laden) of each device's experience, which can, in turn, help them create meaningful mobile and online experiences for their clients. Considering the results of this research, managers of mobile experiences should leverage the emotional aspect of the

smartphone while reducing the mental efforts required by the users when they navigate through the mobile application. For example, this could be done using an efficient onboarding, navigation scheme, and omnichannel platform experience design (Chakravarty, 2018; Ant, 2019; Wong, 2020). Also, it is important to note that in complex digital shopping tasks (Desrochers, 2019), reducing the cognitive effort required to navigate through a website or mobile application is critical. However, users can usually handle providing more mental effort when they are using their computers compared to when they are using their smartphones because the computer generates a lower cognitive load, to begin with. Practitioners can derive important takeaways from this study's findings.

1.7. Conclusion

The objective of this research is to explore the effect of the alignment between the affordances of technological devices and tasks performed on these devices on the user's shopping experience. The results of the within-subject laboratory experiment show, on the one hand, that the affordances of the technological devices, in this case smartphones and computers, on which digital-shopping tasks are performed do affect resulting user experience, expressed in terms of the cognitive and emotional states. On the other hand, the results do not provide enough evidence to conclude that the type of task (administrative or shopping) alters the relationship found between the affordances of technological devices used to shop on a digital platform (smartphone or computer) and the resulting user experience, expressed in terms of the cognitive and emotional states.

References

- Aljukhadar, Muhammad, Sylvain Senecal et Jacques Nantel (2014). « Is more always better? Investigating the task-technology fit theory in an online user context », *Information & Management*, vol. 51, no 4, p. 391-397.
- Alvarez, Juliana, David Briegne, Pierre-Majorique Léger, Sylvain Sénécal et Marc Frédette (2019). « Towards agility and speed in enriched ux evaluation projects », dans *Human-computer interaction*, IntechOpen.
- Andreassi, John L (2010). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response*, Psychology Press.
- APA (2020). *Cognition*, American Psychological Association. Retrieved on January 20 2020 from <https://dictionary.apa.org/cognition>
- Batra, Rajeev et Olli T Ahtola (1991). « Measuring the hedonic and utilitarian sources of consumer attitudes », *Marketing letters*, vol. 2, no 2, p. 159-170.
- Biopac Systems Inc. (2015). *Eda introductory guide*. Retrieved on August 6 2019 from <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-Guide.pdf>
- Bloch, Peter H, Daniel L Sherrell et Nancy M Ridgway (1986). « Consumer search: An extended framework », *Journal of consumer research*, vol. 13, no 1, p. 119-126.
- Bradley, Margaret M et Peter J Lang (1999). *Affective norms for english words (anew): Instruction manual and affective ratings*, Technical report C-1, the center for research in psychophysiology.
- Brasel, S. Adam et James Gips (2014). « Tablets, touchscreens, and touchpads: How varying touch interfaces trigger psychological ownership and endowment », *Journal of Consumer Psychology*, vol. 24, no 2, p. 226-233.
- Brasel, S. Adam et James Gips (2015). « Interface psychology: Touchscreens change attribute importance, decision criteria, and behavior in online choice », *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, vol. 18, no 9, p. 534-538.
- Briggs, Paul (2019). *Canada ecommerce 2019*, New York, Emarketer 11 p.
- Budescu, David V. et Wendy Weiss (1987). « Reflection of transitive and intransitive preferences: A test of prospect theory », *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 39, no 2, p. 184-202.
- Burlamaqui, Leonardo et Andy Dong (2015). « The use and misuse of the concept of affordance », dans *Design computing and cognition '14*, Springer, p. 295-311.

- Carte, Traci, A Schwarzkopf et Nan Wang (2015). « How should technology affordances be measured? An initial comparison of two approaches ».
- Charness, Gary, Uri Gneezy et Michael A Kuhn (2012). « Experimental methods: Between-subject and within-subject design », *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 81, no 1, p. 1-8.
- Chemero, Anthony (2003). « An outline of a theory of affordances », *Ecological psychology*, vol. 15, no 2, p. 181-195.
- Chung, Sunghun, Kyung Young Lee et Jinho Choi (2015). « Exploring digital creativity in the workspace: The role of enterprise mobile applications on perceived job performance and creativity », *Computers in Human Behavior*, vol. 42, p. 93-109.
- Cochrane, Thomas et Roger Bateman (2010). « Smartphones give you wings: Pedagogical affordances of mobile web 2.0 », *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 26, no 1.
- D'Ambra, John, Concepción S Wilson et Shahriar Akter (2013). « Application of the task-technology fit model to structure and evaluate the adoption of e-books by academics », *Journal of the American society for information science and technology*, vol. 64, no 1, p. 48-64.
- Dalrymple, Kirsten A., Marie D. Manner, Katherine A. Harmelink, Elayne P. Teska et Jed T. Elison (2018). « An examination of recording accuracy and precision from eye tracking data from toddlerhood to adulthood » [Methods], *Frontiers in Psychology*, vol. 9, no 803.
- Davern, Michael J (2007). « Towards a unified theory of fit: Task, technology and individual », *Information systems foundations: Theory, representation and reality*, p. 49-69.
- de Guinea, Ana Ortiz, Ryad Titah et Pierre-Majorique Léger (2014). « Explicit and implicit antecedents of users' behavioral beliefs in information systems: A neuropsychological investigation », *Journal of Management Information Systems*, vol. 30, no 4, p. 179-210.
- Desrochers, Camille, Pierre-Majorique Léger, Marc Fredette, Seyedmohammadmahdi Mirhoseini et Sylvain Sénécal (2019). « The arithmetic complexity of online grocery shopping: The moderating role of product pictures », *Industrial Management & Data Systems*.
- Dimoka, Angelika, Fred D Davis, Alok Gupta, Paul A Pavlou, Rajiv D Banker, Alan R Dennis, *et al.* (2012). « On the use of neurophysiological tools in is research: Developing a research agenda for neurois », *MIS quarterly*, p. 679-702.
- Dimoka, Angelika, Paul A Pavlou et Fred D Davis (2011). « Research commentary—neurois: The potential of cognitive neuroscience for information systems research », *Information Systems Research*, vol. 22, no 4, p. 687-702.

- Dishaw, Mark T. et Diane M. Strong (1999). « Extending the technology acceptance model with task–technology fit constructs », *Information & Management*, vol. 36, no 1, p. 9-21.
- Dohn, Nina Bonderup (2009). « Affordances revisited: Articulating a merleau-pontian view », *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, vol. 4, no 2, p. 151-170.
- Donovan, Robert J. et John R. Rossiter (1982). « Store atmosphere: An environmental psychology approach », *Journal of Retailing*, vol. 58, no 1, p. 34-57.
- Dupré, Damien, Eva G Krumhuber, Dennis Küster et Gary J McKeown (2020). « A performance comparison of eight commercially available automatic classifiers for facial affect recognition », *Plos one*, vol. 15, no 4, p. e0231968.
- Ekman, Paul (1992). « An argument for basic emotions », *Cognition and Emotion*, vol. 6, no 3-4, p. 169-200.
- Evans, Sandra K, Katy E Pearce, Jessica Vitak et Jeffrey W Treem (2017). « Explicating affordances: A conceptual framework for understanding affordances in communication research », *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 22, no 1, p. 35-52.
- Faraj, Samer et Bijan Azad (2012). « The materiality of technology: An affordance perspective », *Materiality and organizing: Social interaction in a technological world*, vol. 237, p. 258.
- Furneaux, Brent (2012). « Task-technology fit theory: A survey and synopsis of the literature », dans *Information systems theory*, Springer, p. 87-106.
- Ghose, Anindya, Avi Goldfarb et Sang Pil Han (2013). « How is the mobile internet different? Search costs and local activities », *Information Systems Research*, vol. 24, no 3, p. 613-631.
- Gibson, James J (1979). *The ecological approach to visual perception: Classic edition*, Psychology Press.
- Goodhue, Dale L. et Ronald L. Thompson (1995). « Task-technology fit and individual performance », *MIS Quarterly*, vol. 19, no 2, p. 213-236.
- Hans van der, Heijden (2004). « User acceptance of hedonic information systems », *MIS Quarterly*, vol. 28, no 4, p. 695-704.
- Hartson, Rex et Pardha S Pyla (2012). *The ux book: Process and guidelines for ensuring a quality user experience*, Elsevier.

- Hattula, Johannes, Walter Herzog et Dhar Ravi (2017). « When touch interfaces boost consumer confidence: The role of instrumental need for touch », *Advances in Consumer Research*, vol. 45, p. 25.
- Hoffman, Donna L et Thomas P Novak (1996). « Marketing in hypermedia computer-mediated environments: Conceptual foundations », *Journal of marketing*, vol. 60, no 3, p. 50-68.
- Howard, Matt C. et Julia C. Rose (2019). « Refining and extending task–technology fit theory: Creation of two task–technology fit scales and empirical clarification of the construct », *Information & Management*, vol. 56, no 6, p. 103134.
- Hutchby, Ian (2001). « Technologies, texts and affordances », *Sociology*, vol. 35, no 2, p. 441-456.
- Ikehara, Curtis S et Matha E Crosby (2010). « Physiological measures used for identification of cognitive states and continuous authentication ».
- Kahneman, Daniel (1973). *Attention and effort*, vol. 1063, Citeseer.
- Kerr, David S et Uday S Murthy (2004). « Divergent and convergent idea generation in teams: A comparison of computer-mediated and face-to-face communication », *Group Decision and Negotiation*, vol. 13, no 4, p. 381-399.
- Kivikangas, J Matias, Guillaume Chanel, Ben Cowley, Inger Ekman, Mikko Salminen, Simo Järvelä, et al. (2011). « A review of the use of psychophysiological methods in game research », *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, vol. 3, no 3, p. 181-199.
- Klopping, Inge M. et Earl McKinney (2004). « Extending the technology acceptance model and the task-technology fit model to consumer e-commerce », *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, vol. 22, no 1, p. 35.
- Kramer, Arthur F (1991). « Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress », *Multiple-task performance*, p. 279-328.
- Krishna, Aradhna, Luca Cian et Tatiana Sokolova (2016). « The power of sensory marketing in advertising », *Current Opinion in Psychology*, vol. 10, p. 142-147.
- Kuo, Feng-Yang, Chih-Yi Tseng, Fan-Chuan Tseng et Cathy S Lin (2013). « A study of social information control affordances and gender difference in facebook self-presentation », *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, vol. 16, no 9, p. 635-644.
- Lee, Ching-Chang, Hsing Kenneth Cheng et Hui-Hsin Cheng (2007). « An empirical study of mobile commerce in insurance industry: Task–technology fit and individual differences », *Decision Support Systems*, vol. 43, no 1, p. 95-110.

- Lee, Yu-Kang, Chun-Tuan Chang, You Lin et Zhao-Hong Cheng (2014). « The dark side of smartphone usage: Psychological traits, compulsive behavior and technostress », *Computers in Human Behavior*, vol. 31, p. 373-383.
- Léger, Pierre-Majorique, Francois Courtemanche, Marc Fredette et Sylvain Sénécal (2019). « A cloud-based lab management and analytics software for triangulated human-centered research », dans *Information systems and neuroscience*, Springer, p. 93-99.
- Leonardi, Paul M (2011). « When flexible routines meet flexible technologies: Affordance, constraint, and the imbrication of human and material agencies », *MIS quarterly*, p. 147-167.
- Loijens, Leanne et Olga Krips (2014). *Facereader methodology note*, Noldus Information Technology. Retrieved on February 18 2019 from https://delarosaresearch.com/uploads/Nd_White_paper_FaceReader_Methodology_screen.pdf
- Loos, Peter, René Riedl, Gernot R Müller-Putz, Jan Vom Brocke, Fred D Davis, Rajiv D Banker, et al. (2010). « Neurois: Neuroscientific approaches in the investigation and development of information systems », *Business & Information Systems Engineering*, vol. 2, no 6, p. 395-401.
- Lu, Hsi-Peng et Yi-Wen Yang (2014). « Toward an understanding of the behavioral intention to use a social networking site: An extension of task-technology fit to social-technology fit », *Computers in Human Behavior*, vol. 34, p. 323-332.
- Lurie, Nicholas H., Jonah Berger, Zoey Chen, Beibei Li, Hongju Liu, Charlotte H. Mason, et al. (2018). « Everywhere and at all times: Mobility, consumer decision-making, and choice », *Customer Needs and Solutions*, vol. 5, no 1, p. 15-27.
- Majchrzak, Ann, Samer Faraj, Gerald C Kane et Bijan Azad (2013). « The contradictory influence of social media affordances on online communal knowledge sharing », *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 19, no 1, p. 38-55.
- Majchrzak, Ann et M Lynne Markus (2012). « Technology affordances and constraints in management information systems (mis) », *Encyclopedia of Management Theory*, (Ed: E. Kessler), Sage Publications, Forthcoming.
- Marshall, Sandra P (2007). « Identifying cognitive state from eye metrics », *Aviation, space, and environmental medicine*, vol. 78, no 5, p. B165-B175.
- Mathieson, Kieran et Mark Keil (1998). « Beyond the interface: Ease of use and task/technology fit », *Information & Management*, vol. 34, no 4, p. 221-230.
- Mehrabian, Albert et James A Russell (1974). *An approach to environmental psychology*, the MIT Press.

- Melumad, Shiri (2017). *The distinct psychology of smartphone usage*, Ph.D., Columbia University, 226 p.
- Melumad, Shiri, J. Jeffrey Inman et Michel Tuan Pham (2019). « Selectively emotional: How smartphone use changes user-generated content », *Journal of Marketing Research*, vol. 56, no 2, p. 259-275.
- Melumad, Shiri et Michel Pham (2017). « Understanding the psychology of smartphone usage: The adult pacifier hypothesis », *Advances in Consumer Research*, vol. 45, p. 25.
- Menon, Satya et Barbara Kahn (2002). « Cross-category effects of induced arousal and pleasure on the internet shopping experience », *Journal of Retailing*, vol. 78, no 1, p. 31-40.
- Moe, Wendy W (2003). « Buying, searching, or browsing: Differentiating between online shoppers using in-store navigational clickstream », *Journal of consumer psychology*, vol. 13, no 1-2, p. 29-39.
- Noldus (2016). *Facereader reference manuel*. Retrieved on 26 October 2019 from <http://ssl.nwpu.edu.cn/uploads/1500604789-5971697563f64.pdf>
- Norman, Don (2004). « Affordances and design », *Unpublished article, available online at: <http://www.jnd.org/dn.mss/affordances-and-design.html>*.
- Norman, Don (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*, Basic books.
- O'Brien, Heather Lynn (2010). « The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: The case of online shopping experiences », *Interacting with Computers*, vol. 22, no 5, p. 344-352.
- Oliver, Martin (2005). « The problem with affordance », *E-Learning and Digital Media*, vol. 2, no 4, p. 402-413.
- Oulasvirta, Antti, Tye Rattenbury, Lingyi Ma et Eeva Raita (2012). « Habits make smartphone use more pervasive », *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 16, no 1, p. 105-114.
- Perdue, Barbara C et John O Summers (1986). « Checking the success of manipulations in marketing experiments », *Journal of marketing research*, vol. 23, no 4, p. 317-326.
- Raptis, Dimitrios, Nikolaos Tselios, Jesper Kjeldskov et Mikael Skov (2013). « Does size matter? Investigating the impact of mobile phone screen size on users' perceived usability, effectiveness and efficiency », communication présentée au *Mobile HCI 2013*, Munich.
- Redondo, Jaime, Isabel Fraga, Isabel Padrón et Montserrat Comesaña (2007). « The spanish adaptation of anew (affective norms for english words) », *Behavior research methods*, vol. 39, no 3, p. 600-605.

- Rice, Ronald E, Sandra K Evans, Katy E Pearce, Anu Sivunen, Jessica Vitak et Jeffrey W Treem (2017). « Organizational media affordances: Operationalization and associations with media use », *Journal of Communication*, vol. 67, no 1, p. 106-130.
- Riedl, René, Fred D Davis et Alan R Hevner (2014). « Towards a neurois research methodology: Intensifying the discussion on methods, tools, and measurement », *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 15, no 10, p. 4.
- Riedl, René, Thomas Fischer et Pierre-Majorique Léger (2017). « A decade of neurois research: Status quo, challenges, and future directions », communication présentée au *Thirty Eighth International Conference on Information Systems*, South Korea.
- Riedl, René, Thomas Fischer, Pierre-Majorique Léger et Fred D Davis ((Forthcoming)). « A decade of neurois research: Progress, challenges, and future directions », *The Data Base for Advances in Information Systems*, vol. In Press.
- Riedl, René et Pierre-Majorique Léger (2016). « Fundamentals of neurois », *Studies in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rietveld, Erik et Julian Kiverstein (2014). « A rich landscape of affordances », *Ecological Psychology*, vol. 26, no 4, p. 325-352.
- Russell, James A (1980). « A circumplex model of affect », *Journal of personality and social psychology*, vol. 39, no 6, p. 1161.
- Russell, James A (2003). « Core affect and the psychological construction of emotion », *Psychological review*, vol. 110, no 1, p. 145.
- Russell, James A, Jo-Anne Bachorowski et José-Miguel Fernández-Dols (2003). « Facial and vocal expressions of emotion », *Annual review of psychology*, vol. 54, no 1, p. 329-349.
- Russell, James A et James M Carroll (1999). « On the bipolarity of positive and negative affect », *Psychological bulletin*, vol. 125, no 1, p. 3.
- Russell, James A et Ulrich F Lanius (1984). « Adaptation level and the affective appraisal of environments », *Journal of Environmental Psychology*, vol. 4, no 2, p. 119-135.
- Russell, James A et Geraldine Pratt (1980). « A description of the affective quality attributed to environments », *Journal of personality and social psychology*, vol. 38, no 2, p. 311.
- Russell, James A, Anna Weiss et Gerald A Mendelsohn (1989). « Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal », *Journal of personality and social psychology*, vol. 57, no 3, p. 493.

- Saunders, David R (1956). « Moderator variables in prediction », *Educational and Psychological Measurement*, vol. 16, no 2, p. 209-222.
- Schrock, Andrew Richard (2015). « Communicative affordances of mobile media: Portability, availability, locatability, and multimodality », *International Journal of Communication*, vol. 9, p. 18.
- Shen, Hao, Meng Zhang et Aradhna Krishna (2016). « Computer interfaces and the "direct-touch" effect: Can ipads increase the choice of hedonic food? », *Journal of Marketing Research*, vol. 53, no 5, p. 745.
- Soares, Ana Paula, Montserrat Comesaña, Ana P Pinheiro, Alberto Simões et Carla Sofia Frade (2012). « The adaptation of the affective norms for english words (anew) for european portuguese », *Behavior research methods*, vol. 44, no 1, p. 256-269.
- Statista (2018). *Do you typically spend more on groceries bought online or bought in-store?* Retrieved on 23 september 2018 from <https://proxy2.hec.ca:2554/statistics/822567/expenditure-on-online-and-in-store-groceries/>
- Statista (2019a). « Consumer electronics usage in canada 2019 »
- Statista (2019b). *Food shopping behavior in canada - statistics & facts*, 75 p.
- Terzis, Vasileios, Christos N. Moridis et Anastasios A. Economides (2013). « Measuring instant emotions based on facial expressions during computer-based assessment », *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 17, no 1, p. 43-52.
- Tobii AB (2017). *Tobii pro x3-120 eye tracker : Product description*. Retrieved on August 6 2019 from <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/product-descriptions/tobii-pro-x3-120-product-description.pdf>
- Toms, Elaine G (2000). « Understanding and facilitating the browsing of electronic text », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 52, no 3, p. 423-452.
- Venkatraman, Nenkath (1989). « The concept of fit in strategy research: Toward verbal and statistical correspondence », *Academy of management review*, vol. 14, no 3, p. 423-444.
- vom Brocke, Jan, Alan Hevner, Pierre Majorique Léger, Peter Walla et René Riedl (2020). « Advancing a neurois research agenda with four areas of societal contributions », *European Journal of Information Systems*, p. 1-16.
- Wang, Rebecca Jen-Hui, Edward C. Malthouse et Lakshman Krishnamurthi (2015). « On the go: How mobile shopping affects customer purchase behavior », *Journal of Retailing*, vol. 91, no 2, p. 217-234.

- Warriner, Amy Beth, Victor Kuperman et Marc Brysbaert (2013). « Norms of valence, arousal, and dominance for 13,915 english lemmas », *Behavior Research Methods*, vol. 45, no 4, p. 1191-1207.
- Winnicott, D, W (1953). « Transitional objects and transitional phenomena—a study of the first not-me possession », *International journal of psycho-analysis*, vol. 34, p. 89-97.
- Xu, Kaiquan, Jason Chan, Anindya Ghose et Sang Pil Han (2017). « Battle of the channels: The impact of tablets on digital commerce », *Management Science*, vol. 63, no 5, p. 1469-1492.
- Yüksel, Atila (2007). « Tourist shopping habitat: Effects on emotions, shopping value and behaviours », *Tourism Management*, vol. 28, no 1, p. 58-69.
- Zajonc, R. B. (1980). « Feeling and thinking: Preferences need no inferences », *American Psychologist*, vol. 35, no 2, p. 151-175.
- Zedeck, Sheldon (1971). « Problems with the use of " moderator" variables », *Psychological bulletin*, vol. 76, no 4, p. 295.
- Zhang, Qin, Manish Gangwar et P. B. Seetharaman (2017). « Polygamous store loyalties: An empirical investigation », *Journal of Retailing*, vol. 93, no 4, p. 477-492.
- Zigurs, Ilze et Bonnie K. Buckland (1998). « A theory of task/technology fit and group support systems effectiveness » [Article], *MIS Quarterly*, vol. 22, no 3, p. 313-334.
- Zigurs, Ilze et Deepak Khazanchi (2008). « From profiles to patterns: A new view of task-technology fit », *Information systems management*, vol. 25, no 1, p. 8-13.

Appendices

Appendix 1: Eligibility criteria

This appendix provides greater insight into the eligibility criteria that guided the data collection recruitment process.

Eligibility criteria required individuals to be older than 18, to understand oral and written English, and to be able to look at a computer or smartphone screen without wearing glasses.

Given the psychophysiological tools used, participants could not have any diagnosed neurological or psychiatric health problems, not suffer from epilepsy, not have astigmatism, and not have laser vision correction.

Appendix 2: Overview of tasks and their categorization

This appendix provides an overview of the tasks presented to the participants.

Regarding the core of the experiment, that is the interaction with the two devices; participants completed six standard digital grocery-related tasks on the first device (smartphone or computer). The tasks include (1) creating an account, (2) selecting a favorite store, (3) creating a grocery list, (4) finding a promotion in the weekly flyer (5) searching and selecting specific products, and (6) browsing and selecting products of choice. After calibrating the tools to account for the specifications of the second device, participants proceeded to complete the same series of tasks as in the first device.

In the preprocessing phase, data were aggregated into two separate categories. The categories are illustrated in the table (Table 3) below.

Administrative tasks	Shopping tasks
(1) creating an account	(5) searching and selecting specific products
(2) selecting a favorite store	(6) browsing and selecting products of choice
(3) creating a grocery list	
(4) finding a promotion in the weekly flyer	

Table 3: Aggregation of digital-grocery tasks in two categories

Article 2 :

Comment améliorer l'expérience mobile de vos clients : trois bonnes pratiques

Audrey Bond⁴, Pierre-Majorique Léger⁴, Sylvain Sénécal⁴

Pour améliorer l'expérience mobile de vos clients, il est nécessaire de mobiliser la dimension émotionnelle associée au téléphone intelligent, tout en mettant en place des pratiques qui permettent de réduire l'effort cognitif requis lors des interactions.

L'importance grandissante du téléphone intelligent dans le commerce de détail en ligne

Le téléphone intelligent est omniprésent dans la vie des Canadiens. En 2019, le temps passé sur ces appareils dépasse tout autre type d'activités médiatiques numériques et traditionnelles, cumulant une moyenne quotidienne de 2 h et 39 minutes^[1] !

Dans le contexte de commerce de détail, l'utilisation du téléphone intelligent croît également à très grande vitesse. En 2019, les Canadiens ont dépensé 20,34 milliards de dollars en magasinant sur leur téléphone intelligent, ce qui représente 3,15 % de toutes les ventes au détail^[2]. Avec un taux prévisionnel de croissance des ventes sur les téléphones intelligents de 22,8 % en 2020 et un taux de pénétration de cet appareil de 92 % parmi les Canadiens^[3], les acteurs du commerce de détail doivent absolument offrir une expérience de commerce mobile adaptée aux besoins des consommateurs.

Expérience mobile versus expérience web : deux réalités nettement différentes

Pour bien comprendre les attentes des consommateurs en matière de commerce mobile, nous avons mené au Tech3Lab de HEC Montréal, une étude en laboratoire auprès de consommateurs. Cette étude avait pour but de comparer l'expérience vécue sur une application mobile (via un téléphone intelligent) à celle vécue sur un site web (via un ordinateur fixe), et ce, pour un même détaillant. Durant l'interaction avec les deux plateformes, les expressions faciales et la charge cognitive des participants à l'étude ont été mesurées.

De façon générale, les résultats démontrent que, pour un même détaillant, l'expérience vécue sur le téléphone intelligent était nettement différente à celle vécue sur le site web. D'une part, le

⁴ HEC Montréal, 3000 Chemin de la Cote-Sainte-Catherine, Montréal (QC), Canada H3T 2A7

téléphone intelligent engendre une expérience cognitive plus exigeante, puisque l'application mobile semble nécessiter, à tâche égale, un plus grand effort cognitif de la part des utilisateurs (potentiellement en raison de la taille des éléments graphiques). D'autre part, le téléphone intelligent, qui nécessite une interaction tactile et donc multisensorielle, semble engendrer en moyenne une expérience émotionnelle plus positive. Ces résultats mettent donc en lumière la nature distincte du commerce mobile, démontrant que le travail de développement d'une expérience mobile est une pratique qui mérite une conception adaptée.

Comment améliorer l'expérience mobile de vos clients ?

Sur la base de notre étude, trois recommandations émergent afin de diminuer la charge cognitive des consommateurs dans un contexte de commerce de détail omnicanal, tout en préservant les émotions positives générées par l'expérience mobile.

1. Assurez une première impression agréable et sans friction

Il est primordial que le processus d'embarquement (*onboarding*) dans l'application soit intégré et harmonieux. Il faut éviter à tout prix la création de comptes qui serait laborieuse et intrusive, car il s'agit d'un point de friction important pour les utilisateurs, les conduisant plus fréquemment à l'abandon de la plateforme. Ainsi, limiter les informations demandées est une manière efficace de s'assurer de faire une bonne première impression. Que ce soit en demandant uniquement les informations primordiales à la connexion ou en remplaçant un mot de passe traditionnel par une identification biométrique^[4], une bonne pratique réside dans la simplicité et la fluidité de la première interaction.

2. Réduisez l'effort cognitif requis pour parcourir l'application

La navigation constitue également une priorité sur laquelle il est essentiel de porter une attention particulière. Considérant la contrainte de taille d'écran inhérente à la nature du téléphone intelligent, une navigation efficiente est nécessaire à la réduction de l'effort cognitif vécu par les utilisateurs. Il existe trois composantes clés pour améliorer l'expérience sur une application mobile : l'organisation de la navigation, les pages de produits et la page de paiement. Une bonne structure de navigation permet aux utilisateurs de trouver rapidement les produits recherchés, via une barre de recherche interactive et référencée ou via un classement des produits clair et structuré, par exemples. Les pages de produits détaillées, pour leur part, permettent la conversion des utilisateurs en acheteurs potentiels^[5]. Une page de paiement rapide, avec un minimum d'étapes,

entraîne la conversion de l'acheteur potentiel en client de la compagnie. Avec 75 % des acheteurs potentiels qui abandonnent leur panier avant la transaction, il s'agit d'une composante à optimiser^[6].

3. Alliez le téléphone intelligent aux autres canaux de distribution

Il est important de considérer le téléphone intelligent comme un complément aux canaux de magasinage traditionnels^[7]. À titre d'exemple, alors que 66 % des ventes numériques proviennent des ordinateurs, la majorité des visites en ligne se font sur un téléphone intelligent. Les concepteurs d'expériences doivent ainsi prendre en compte les objectifs complémentaires du mode mobile, qui vont au-delà de l'intention première d'effectuer un achat^[5], tels que rechercher des informations sur les produits, trouver les heures d'ouverture des magasins et contacter le support client. Il est d'autant plus intéressant de mobiliser le téléphone intelligent des utilisateurs lors de leurs visites en magasin afin, notamment, de faciliter l'accès aux coupons et cartes de fidélité, ainsi que permettre aux clients de comparer les offres et les critiques de produits.

La cartographie du parcours client est un outil à utiliser pour diagnostiquer l'expérience des consommateurs à travers les divers points de contact de la marque, tant numériques que physiques^[7]. En comprenant à quel moment le téléphone intelligent entre en jeu dans ce parcours, il est possible de concevoir une expérience adaptée au contexte d'utilisation de la plateforme.

En somme, l'étude sur le téléphone intelligent réalisée au Tech3Lab met en lumière la nature plus exigeante de l'interaction de vos clients avec cet appareil. Les trois pratiques identifiées ci-dessus permettent ainsi d'améliorer leur expérience mobile grâce à la réduction de l'effort cognitif requis. Avec la croissance prévisionnelle de 22,8 % des ventes sur les téléphones intelligents en 2020^[3], il est primordial pour les acteurs du commerce de détail de prendre des actions concrètes pour améliorer l'expérience mobile de leurs clients et ainsi, parvenir à demeurer compétitif.

Références

1. Briggs, Paul (2019). *Canada Time Spent with Media 2019*, New York, eMarketer, 13 p.
2. Briggs, Paul (2019). *Canada eCommerce 2019*, New York, eMarketer 11 p.
3. Statista (2019). « Consumer Electronics Usage in Canada 2019 ».
4. Ant, Allan (2019). *Passwordless Authentication is Here and There, but not Everywhere*, Stamford, Gartner, 21 p.
5. Chakravarty, Ananda (2018). *Must-have eCommerce Features*, Cambridge, Forrester, 19 p.
6. Statista (2019). « Online Shopping Cart Abandonment Rate in Selected Industries in 2018 ».
7. Wong, Jason, Don Scheibenreif et Gene Phifer (2020). *Transcend Omnichannel Thinking and Embrace Multiexperience for Improved CX*, Stamford, Gartner, 10 p.

Conclusion

Rappel de la question de recherche et des principaux résultats

L'objectif de ce mémoire était d'explorer les deux dispositifs technologiques les plus importants, soit le téléphone intelligent et l'ordinateur, afin de développer une meilleure compréhension de l'impact de ceux-ci sur leurs utilisateurs.

Le premier article s'appuie sur la conceptualisation des *affordances* par Burlamaqui et Dong (2015) et mobilise le cadre théorique de l'alignement entre les technologies et les tâches (*task-technology fit*) dans le contexte de commerce électronique par Klopping et McKinney (2004). L'objectif de l'article est d'explorer l'effet de l'alignement entre les *affordances* des appareils technologiques et les tâches effectuées sur ces appareils, sur l'expérience de l'utilisateur. Plus précisément, deux questions de recherche guident l'article : dans quelle mesure les *affordances* des appareils technologiques influencent-elles l'expérience vécue par un utilisateur ? Également, dans quelle mesure l'objectif d'un utilisateur modère-t-il l'effet des *affordances* des appareils technologiques sur l'expérience de l'utilisateur ? Les résultats de l'étude mettent en évidence deux conclusions principales. Les *affordances* de l'appareil sur lequel les tâches d'achat numérique sont effectuées affectent l'état cognitif et émotionnel de l'utilisateur. L'exécution de tâches d'achat numérique sur un téléphone intelligent génère une charge cognitive plus élevée (état cognitif), ainsi qu'une valence émotionnelle et une activation (état émotionnel) plus élevées pour les utilisateurs. Deuxièmement, les résultats ne fournissent cependant pas suffisamment de preuves pour conclure que le type de tâche (objectif de l'utilisateur) modifie la relation précédemment constatée. Plusieurs pistes d'amélioration, telle une interaction plus naturelle et avec plus de participants, sont proposées pour des recherches futures.

Le deuxième article vulgarise l'article 1 afin de rendre les résultats et les recommandations qui en découlent plus accessibles à la communauté d'affaires. En effet, les résultats de l'étude menée mettent en lumière la nature plus exigeante de l'interaction des utilisateurs avec leurs téléphones intelligents lors du magasinage numérique. Ainsi le deuxième article de ce mémoire a pour objectif de présenter des recommandations concrètes aux gestionnaires afin d'améliorer l'expérience de leurs clients lorsqu'ils naviguent sur des applications mobiles. Trois bonnes pratiques sont identifiées afin de réduire l'effort cognitif requis, tout en mobilisant la dimension émotionnelle associée au téléphone intelligent : assurer une première impression sans friction, simplifier la navigation et allier le téléphone intelligent aux autres canaux de distribution. Avec la croissance

prévisionnelle grandissante des ventes sur les téléphones intelligents en 2020, il est primordial pour les acteurs du commerce de détail de prendre des actions concrètes pour améliorer l'expérience mobile de leurs clients et ainsi, parvenir à demeurer compétitif.

Contributions de l'étude

La présente étude contribue à la littérature en expérience utilisateur ainsi qu'aux pratiques managériales.

D'une part, cette étude s'inscrit dans la littérature en expérience utilisateur et en interaction humain-machine. En effet, l'impact des appareils technologiques eux-mêmes sur l'expérience utilisateur a peu été étudié dans la littérature académique. En mobilisant le concept des *affordances* et le cadre théorique de l'alignement entre les tâches et les technologies, une nouvelle approche, il a été possible d'obtenir des données psychophysiologiques pour mieux comprendre l'expérience vécue lors du magasinage sur un téléphone intelligent et sur un ordinateur. La compréhension de l'impact des *affordances* des téléphones intelligents et des ordinateurs sur les états cognitifs et émotionnels de l'utilisateur enrichit les connaissances actuelles et sert de base aux futures recherches liées à la psychologie des interfaces (Brasel et Gips, 2015).

D'autre part, cette étude constitue également un bon point de départ pour les gestionnaires des expériences multicanales et omnicanales. La présente étude met en lumière la nature (plus cognitive ou émotionnelle) de l'expérience de chaque appareil, ce qui peut les aider à créer des expériences mobiles et en ligne significatives pour leurs clients. Les trois recommandations pratiques proposées au deuxième article représentent d'ailleurs d'excellentes bases sur lesquelles les gestionnaires peuvent s'appuyer afin d'améliorer l'expérience de leurs utilisateurs.

Limites et pistes de recherches futures

Bien que cette recherche ait démontré qu'il existe des différences significatives entre l'expérience de magasinage vécue sur un téléphone intelligent et sur un ordinateur, il n'y avait pas assez de preuves pour établir que le type de tâche effectuée modifiait cette relation. Quelques limites du design expérimental peuvent potentiellement expliquer cette situation.

D'abord, les tâches effectuées n'étaient pas pleinement représentatives d'une expérience d'achat normale. En effet, les participants ne pouvaient pas se déplacer librement sur les plateformes et ne pouvaient pas effectuer de réelles transactions compte tenu des contraintes expérimentales. Dans

un souci de validité interne, les tâches (et leur ordre) ont été dictées. Par conséquent, donner plus de liberté à l'utilisateur pour effectuer une transaction réelle aurait pu potentiellement générer une plus grande validité écologique et fournir une image plus significative.

Pour des recherches futures, il serait cependant intéressant de comparer l'expérience émotionnelle et cognitive vécue par des utilisateurs lorsque ceux-ci effectuent une réelle séance de magasinage, non seulement en ligne, mais également en épicerie. Comme mentionné précédemment, les clients empruntent dorénavant un parcours complexe, dans lequel ils interagissent avec plusieurs canaux de façon simultanée. Il est en effet très courant de voir des consommateurs faire leur épicerie en magasin et regarder les offres promotionnelles sur leur téléphone intelligent par exemple. Il serait donc intéressant d'obtenir des données qui comparent l'expérience vécue lors d'une expérience d'épicerie traditionnelle et lors d'une expérience d'épicerie davantage omnicanale. En utilisant des outils psychophysologiques portatifs, cette étude permettrait d'éclairer les détaillants alimentaires afin de les aider à gérer leur expérience client en magasin. Par exemple, les détaillants alimentaires devraient-ils favoriser l'utilisation de leur application mobile en magasin?

Sur une autre note, le contexte de l'étude a potentiellement pu affecter les résultats obtenus puisque le domaine de l'épicerie comporte de nombreuses spécificités. En effet, l'expérience traditionnelle de l'épicerie est une expérience fondamentalement sensorielle; les consommateurs touchent les produits, sentent des odeurs, observent des quantités, goûtent des échantillons et interagissent avec des clients et des commis. Ainsi, l'épicerie en ligne représente une activité assez différente de l'épicerie en magasin, dû à la réduction importante des stimulations multisensorielles, mais également dû à la complexité de la tâche (Desrochers *et al.*, 2019). Il est donc possible que l'activité de l'épicerie en ligne elle-même interagissent avec l'expérience vécue sur les plateformes testées.

Par conséquent, pour des recherches futures, il serait intéressant de tester l'expérience cognitive et émotionnelle vécue par les utilisateurs lorsqu'ils naviguent sur un téléphone intelligent et sur un ordinateur dans un autre domaine. Plus particulièrement, il serait pertinent de tester un domaine qui ne provient pas d'expériences originalement physiques, tels l'achat d'épicerie, de vêtements, de propriétés ou autres. Des domaines d'intérêts seraient les réseaux sociaux ou les plateformes de visionnement de vidéos par exemples. De cette façon, les différences constatées entre les expériences vécues proviendraient réellement des appareils et de leurs *affordances*.

Références

- Aljukhadar, Muhammad, Sylvain Senecal et Jacques Nantel (2014). « Is more always better? Investigating the task-technology fit theory in an online user context », *Information & Management*, vol. 51, no 4, p. 391-397.
- Andreassi, John L (2010). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response*, Psychology Press.
- Ansari, Asim, Carl F Mela et Scott A Neslin (2008). « Customer channel migration », *Journal of marketing research*, vol. 45, no 1, p. 60-76.
- APA (2020). *Cognition*, American Psychological Association. Récupéré le 20 janvier 2020 de <https://dictionary.apa.org/cognition>
- Batra, Rajeev et Olli T Ahtola (1991). « Measuring the hedonic and utilitarian sources of consumer attitudes », *Marketing letters*, vol. 2, no 2, p. 159-170.
- Biopac Systems Inc. (2015). *Eda introductory guide*. Récupéré le 6 août 2019 de <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-Guide.pdf>
- Bloch, Peter H, Daniel L Sherrell et Nancy M Ridgway (1986). « Consumer search: An extended framework », *Journal of consumer research*, vol. 13, no 1, p. 119-126.
- Bradley, Margaret M et Peter J Lang (1999). *Affective norms for english words (anew): Instruction manual and affective ratings*, Technical report C-1, the center for research in psychophysiology.
- Brasel, S. Adam et James Gips (2014). « Tablets, touchscreens, and touchpads: How varying touch interfaces trigger psychological ownership and endowment », *Journal of Consumer Psychology*, vol. 24, no 2, p. 226-233.
- Brasel, S. Adam et James Gips (2015). « Interface psychology: Touchscreens change attribute importance, decision criteria, and behavior in online choice », *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, vol. 18, no 9, p. 534-538.
- Briggs, Paul (2019). *Canada ecommerce 2019*, New York, Emarketer 11 p.
- Budescu, David V. et Wendy Weiss (1987). « Reflection of transitive and intransitive preferences: A test of prospect theory », *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 39, no 2, p. 184-202.
- Burlamaqui, Leonardo et Andy Dong (2015). « The use and misuse of the concept of affordance », dans *Design computing and cognition'14*, Springer, p. 295-311.

- Carte, Traci, A Schwarzkopf et Nan Wang (2015). « How should technology affordances be measured? An initial comparison of two approaches ».
- Charness, Gary, Uri Gneezy et Michael A Kuhn (2012). « Experimental methods: Between-subject and within-subject design », *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 81, no 1, p. 1-8.
- Chemero, Anthony (2003). « An outline of a theory of affordances », *Ecological psychology*, vol. 15, no 2, p. 181-195.
- Chung, Sunghun, Kyung Young Lee et Jinho Choi (2015). « Exploring digital creativity in the workspace: The role of enterprise mobile applications on perceived job performance and creativity », *Computers in Human Behavior*, vol. 42, p. 93-109.
- Cochrane, Thomas et Roger Bateman (2010). « Smartphones give you wings: Pedagogical affordances of mobile web 2.0 », *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 26, no 1.
- D'Ambra, John, Concepción S Wilson et Shahriar Akter (2013). « Application of the task-technology fit model to structure and evaluate the adoption of e-books by academics », *Journal of the American society for information science and technology*, vol. 64, no 1, p. 48-64.
- Dalrymple, Kirsten A., Marie D. Manner, Katherine A. Harmelink, Elayne P. Teska et Jed T. Elison (2018). « An examination of recording accuracy and precision from eye tracking data from toddlerhood to adulthood » [Methods], *Frontiers in Psychology*, vol. 9, no 803.
- Davern, Michael J (2007). « Towards a unified theory of fit: Task, technology and individual », *Information systems foundations: Theory, representation and reality*, p. 49-69.
- de Guinea, Ana Ortiz, Ryad Titah et Pierre-Majorique Léger (2014). « Explicit and implicit antecedents of users' behavioral beliefs in information systems: A neuropsychological investigation », *Journal of Management Information Systems*, vol. 30, no 4, p. 179-210.
- Desrochers, Camille, Pierre-Majorique Léger, Marc Fredette, Seyedmohammadmahdi Mirhoseini et Sylvain Sénécal (2019). « The arithmetic complexity of online grocery shopping: The moderating role of product pictures », *Industrial Management & Data Systems*.
- Dimoka, Angelika, Fred D Davis, Alok Gupta, Paul A Pavlou, Rajiv D Banker, Alan R Dennis, *et al.* (2012). « On the use of neurophysiological tools in is research: Developing a research agenda for neurois », *MIS quarterly*, p. 679-702.
- Dimoka, Angelika, Paul A Pavlou et Fred D Davis (2011). « Research commentary—neurois: The potential of cognitive neuroscience for information systems research », *Information Systems Research*, vol. 22, no 4, p. 687-702.

- Dishaw, Mark T. et Diane M. Strong (1999). « Extending the technology acceptance model with task–technology fit constructs », *Information & Management*, vol. 36, no 1, p. 9-21.
- Dohn, Nina Bonderup (2009). « Affordances revisited: Articulating a merleau-pontian view », *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, vol. 4, no 2, p. 151-170.
- Donovan, Robert J. et John R. Rossiter (1982). « Store atmosphere: An environmental psychology approach », *Journal of Retailing*, vol. 58, no 1, p. 34-57.
- Dupré, Damien, Eva G Krumhuber, Dennis Küster et Gary J McKeown (2020). « A performance comparison of eight commercially available automatic classifiers for facial affect recognition », *Plos one*, vol. 15, no 4, p. e0231968.
- Ekman, Paul (1992). « An argument for basic emotions », *Cognition and Emotion*, vol. 6, no 3-4, p. 169-200.
- Evans, Sandra K, Katy E Pearce, Jessica Vitak et Jeffrey W Treem (2017). « Explicating affordances: A conceptual framework for understanding affordances in communication research », *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 22, no 1, p. 35-52.
- Faraj, Samer et Bijan Azad (2012). « The materiality of technology: An affordance perspective », *Materiality and organizing: Social interaction in a technological world*, vol. 237, p. 258.
- Fulgoni, Gian M. (2014). « "Omni-channel" retail insights and the consumer's path-to-purchase » [Article], *Journal of Advertising Research*, vol. 54, no 4, p. 377-380.
- Furneaux, Brent (2012). « Task-technology fit theory: A survey and synopsis of the literature », dans *Information systems theory*, Springer, p. 87-106.
- Ghose, Anindya, Avi Goldfarb et Sang Pil Han (2013). « How is the mobile internet different? Search costs and local activities », *Information Systems Research*, vol. 24, no 3, p. 613-631.
- Gibson, James J (1977). *The theory of affordances*, vol. 1, coll. Hilldale, USA.
- Gibson, James J (1979). *The ecological approach to visual perception: Classic edition*, Psychology Press.
- Goodhue, Dale L. et Ronald L. Thompson (1995). « Task-technology fit and individual performance », *MIS Quarterly*, vol. 19, no 2, p. 213-236.
- Hans van der, Heijden (2004). « User acceptance of hedonic information systems », *MIS Quarterly*, vol. 28, no 4, p. 695-704.

- Hartson, Rex et Pardha S Pyla (2012). *The ux book: Process and guidelines for ensuring a quality user experience*, Elsevier.
- Hattula, Johannes, Walter Herzog et Dhar Ravi (2017). « When touch interfaces boost consumer confidence: The role of instrumental need for touch », *Advances in Consumer Research*, vol. 45, p. 25.
- Hoffman, Donna L et Thomas P Novak (1996). « Marketing in hypermedia computer-mediated environments: Conceptual foundations », *Journal of marketing*, vol. 60, no 3, p. 50-68.
- Howard, Matt C. et Julia C. Rose (2019). « Refining and extending task–technology fit theory: Creation of two task–technology fit scales and empirical clarification of the construct », *Information & Management*, vol. 56, no 6, p. 103134.
- Hutchby, Ian (2001). « Technologies, texts and affordances », *Sociology*, vol. 35, no 2, p. 441-456.
- Ikehara, Curtis S et Matha E Crosby (2010). « Physiological measures used for identification of cognitive states and continuous authentication ».
- ISO (2019). *Iso 9241-210: 2019 ergonomics of human-system interaction — part 210: Human-centred design for interactive systems*, International Organization for Standardization. Récupéré le 5 mai 2020 de https://delarosaresearch.com/uploads/Nd_White_paper_-_FaceReader_Methodology_screen.pdf
- Kahneman, Daniel (1973). *Attention and effort*, vol. 1063, Citeseer.
- Kerr, David S et Uday S Murthy (2004). « Divergent and convergent idea generation in teams: A comparison of computer-mediated and face-to-face communication », *Group Decision and Negotiation*, vol. 13, no 4, p. 381-399.
- Kivikangas, J Matias, Guillaume Chanel, Ben Cowley, Inger Ekman, Mikko Salminen, Simo Järvelä, et al. (2011). « A review of the use of psychophysiological methods in game research », *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, vol. 3, no 3, p. 181-199.
- Klopping, Inge M. et Earl McKinney (2004). « Extending the technology acceptance model and the task-technology fit model to consumer e-commerce », *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, vol. 22, no 1, p. 35.
- Kramer, Arthur F (1991). « Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress », *Multiple-task performance*, p. 279-328.
- Krishna, Aradhna, Luca Cian et Tatiana Sokolova (2016). « The power of sensory marketing in advertising », *Current Opinion in Psychology*, vol. 10, p. 142-147.

- Kuo, Feng-Yang, Chih-Yi Tseng, Fan-Chuan Tseng et Cathy S Lin (2013). « A study of social information control affordances and gender difference in facebook self-presentation », *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, vol. 16, no 9, p. 635-644.
- Laubheimer, Page (2020). *Drag-and-drop: How to design for ease of use*, Nielsen Norman Group. Récupéré le 15 avril 2020 de <https://www.nngroup.com/articles/drag-drop/>
- Lee, Ching-Chang, Hsing Kenneth Cheng et Hui-Hsin Cheng (2007). « An empirical study of mobile commerce in insurance industry: Task-technology fit and individual differences », *Decision Support Systems*, vol. 43, no 1, p. 95-110.
- Lee, Yu-Kang, Chun-Tuan Chang, You Lin et Zhao-Hong Cheng (2014). « The dark side of smartphone usage: Psychological traits, compulsive behavior and technostress », *Computers in Human Behavior*, vol. 31, p. 373-383.
- Léger, Pierre-Majorique, Francois Courtemanche, Marc Fredette et Sylvain Sénécal (2019). « A cloud-based lab management and analytics software for triangulated human-centered research », dans *Information systems and neuroscience*, Springer, p. 93-99.
- Leonardi, Paul M (2011). « When flexible routines meet flexible technologies: Affordance, constraint, and the imbrication of human and material agencies », *MIS quarterly*, p. 147-167.
- Lewinski, P., T. M. den Uyl et C. Butler (2014). « Automated facial coding: Validation of basic emotions and faces aus in facereader », *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, vol. 7, no 4, p. 227-236.
- Loijens, Leanne et Olga Krips (2014). *Facereader methodology note*, Noldus Information Technology.
- Loos, Peter, René Riedl, Gernot R Müller-Putz, Jan Vom Brocke, Fred D Davis, Rajiv D Banker, et al. (2010). « Neurois: Neuroscientific approaches in the investigation and development of information systems », *Business & Information Systems Engineering*, vol. 2, no 6, p. 395-401.
- Lu, Hsi-Peng et Yi-Wen Yang (2014). « Toward an understanding of the behavioral intention to use a social networking site: An extension of task-technology fit to social-technology fit », *Computers in Human Behavior*, vol. 34, p. 323-332.
- Lurie, Nicholas H., Jonah Berger, Zoey Chen, Beibei Li, Hongju Liu, Charlotte H. Mason, et al. (2018). « Everywhere and at all times: Mobility, consumer decision-making, and choice », *Customer Needs and Solutions*, vol. 5, no 1, p. 15-27.
- Majchrzak, Ann, Samer Faraj, Gerald C Kane et Bijan Azad (2013). « The contradictory influence of social media affordances on online communal knowledge sharing », *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 19, no 1, p. 38-55.

- Majchrzak, Ann et M Lynne Markus (2012). « Technology affordances and constraints in management information systems (mis) », *Encyclopedia of Management Theory*, (Ed: E. Kessler), Sage Publications, Forthcoming.
- Marshall, Sandra P (2007). « Identifying cognitive state from eye metrics », *Aviation, space, and environmental medicine*, vol. 78, no 5, p. B165-B175.
- Mathieson, Kieran et Mark Keil (1998). « Beyond the interface: Ease of use and task/technology fit », *Information & Management*, vol. 34, no 4, p. 221-230.
- Mehrabian, Albert et James A Russell (1974). *An approach to environmental psychology*, the MIT Press.
- Melumad, Shiri (2017). *The distinct psychology of smartphone usage*, Ph.D., Columbia University, 226 p.
- Melumad, Shiri, J. Jeffrey Inman et Michel Tuan Pham (2019). « Selectively emotional: How smartphone use changes user-generated content », *Journal of Marketing Research*, vol. 56, no 2, p. 259-275.
- Melumad, Shiri et Michel Pham (2017). « Understanding the psychology of smartphone usage: The adult pacifier hypothesis », *Advances in Consumer Research*, vol. 45, p. 25.
- Menon, Satya et Barbara Kahn (2002). « Cross-category effects of induced arousal and pleasure on the internet shopping experience », *Journal of Retailing*, vol. 78, no 1, p. 31-40.
- Moe, Wendy W (2003). « Buying, searching, or browsing: Differentiating between online shoppers using in-store navigational clickstream », *Journal of consumer psychology*, vol. 13, no 1-2, p. 29-39.
- Neslin, Scott A, Dhruv Grewal, Robert Leghorn, Venkatesh Shankar, Marije L Teerling, Jacquelyn S Thomas, *et al.* (2006). « Challenges and opportunities in multichannel customer management », *Journal of service research*, vol. 9, no 2, p. 95-112.
- Norman, Don (1988). « The psychology of everyday things ».
- Norman, Don (2004). « Affordances and design », *Unpublished article, available online at: <http://www.jnd.org/dn.mss/affordances-and-design.html>*.
- Norman, Don (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*, Basic books.
- O'Brien, Heather Lynn (2010). « The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: The case of online shopping experiences », *Interacting with Computers*, vol. 22, no 5, p. 344-352.

- Oliver, Martin (2005). « The problem with affordance », *E-Learning and Digital Media*, vol. 2, no 4, p. 402-413.
- Oulasvirta, Antti, Tye Rattenbury, Lingyi Ma et Eeva Raita (2012). « Habits make smartphone use more pervasive », *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 16, no 1, p. 105-114.
- Park, Sangkyu et Dongwon Lee (2017). « An empirical study on consumer online shopping channel choice behavior in omni-channel environment », *Telematics and Informatics*, vol. 34, no 8, p. 1398-1407.
- Perdue, Barbara C et John O Summers (1986). « Checking the success of manipulations in marketing experiments », *Journal of marketing research*, vol. 23, no 4, p. 317-326.
- Pucillo, Francesco et Gaetano Cascini (2014). « A framework for user experience, needs and affordances », *Design Studies*, vol. 35, no 2, p. 160-179.
- Raptis, Dimitrios, Nikolaos Tselios, Jesper Kjeldskov et Mikael Skov (2013). « Does size matter? Investigating the impact of mobile phone screen size on users' perceived usability, effectiveness and efficiency », communication présentée au *Mobile HCI 2013*, Munich.
- Redondo, Jaime, Isabel Fraga, Isabel Padrón et Montserrat Comesaña (2007). « The spanish adaptation of anew (affective norms for english words) », *Behavior research methods*, vol. 39, no 3, p. 600-605.
- Rice, Ronald E, Sandra K Evans, Katy E Pearce, Anu Sivunen, Jessica Vitak et Jeffrey W Treem (2017). « Organizational media affordances: Operationalization and associations with media use », *Journal of Communication*, vol. 67, no 1, p. 106-130.
- Riedl, René, Fred D Davis et Alan R Hevner (2014). « Towards a neurois research methodology: Intensifying the discussion on methods, tools, and measurement », *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 15, no 10, p. 4.
- Riedl, René, Thomas Fischer et Pierre-Majorique Léger (2017). « A decade of neurois research: Status quo, challenges, and future directions », communication présentée au *Thirty Eighth International Conference on Information Systems*, South Korea.
- Riedl, René, Thomas Fischer, Pierre-Majorique Léger et Fred D Davis ((Forthcoming)). « A decade of neurois research: Progress, challenges, and future directions », *The Data Base for Advances in Information Systems*, vol. In Press.
- Riedl, René et Pierre-Majorique Léger (2016). « Fundamentals of neurois », *Studies in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rietveld, Erik et Julian Kiverstein (2014). « A rich landscape of affordances », *Ecological Psychology*, vol. 26, no 4, p. 325-352.

- Rigby, Darrell (2011). « The future of shopping », *Harvard business review*, vol. 89, no 12, p. 65-76.
- Russell, James A (1980). « A circumplex model of affect », *Journal of personality and social psychology*, vol. 39, no 6, p. 1161.
- Russell, James A (2003). « Core affect and the psychological construction of emotion », *Psychological review*, vol. 110, no 1, p. 145.
- Russell, James A, Jo-Anne Bachorowski et José-Miguel Fernández-Dols (2003). « Facial and vocal expressions of emotion », *Annual review of psychology*, vol. 54, no 1, p. 329-349.
- Russell, James A et James M Carroll (1999). « On the bipolarity of positive and negative affect », *Psychological bulletin*, vol. 125, no 1, p. 3.
- Russell, James A et Ulrich F Lanius (1984). « Adaptation level and the affective appraisal of environments », *Journal of Environmental Psychology*, vol. 4, no 2, p. 119-135.
- Russell, James A et Geraldine Pratt (1980). « A description of the affective quality attributed to environments », *Journal of personality and social psychology*, vol. 38, no 2, p. 311.
- Russell, James A, Anna Weiss et Gerald A Mendelsohn (1989). « Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal », *Journal of personality and social psychology*, vol. 57, no 3, p. 493.
- Saunders, David R (1956). « Moderator variables in prediction », *Educational and Psychological Measurement*, vol. 16, no 2, p. 209-222.
- Schrock, Andrew Richard (2015). « Communicative affordances of mobile media: Portability, availability, locatability, and multimediality », *International Journal of Communication*, vol. 9, p. 18.
- Shen, Hao, Meng Zhang et Aradhna Krishna (2016). « Computer interfaces and the "direct-touch" effect: Can ipads increase the choice of hedonic food? », *Journal of Marketing Research*, vol. 53, no 5, p. 745.
- Shin, Dong-Hee (2017). « The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality », *Telematics and Informatics*, vol. 34, no 8, p. 1826-1836.
- Soares, Ana Paula, Montserrat Comesaña, Ana P Pinheiro, Alberto Simões et Carla Sofia Frade (2012). « The adaptation of the affective norms for english words (anew) for european portuguese », *Behavior research methods*, vol. 44, no 1, p. 256-269.

- Statista (2017). *Which of the following devices do you use, whether professionally or personally?*, Statista. Récupéré le 10 août 2019 de <https://www.statista.com/statistics/702471/electronic-devices-used-in-us/>
- Statista (2018). *Do you typically spend more on groceries bought online or bought in-store?* Récupéré le 23 septembre 2018 de <https://proxy2.hec.ca:2554/statistics/822567/expenditure-on-online-and-in-store-groceries/>
- Statista (2019a). « Consumer electronics usage in canada 2019 »
- Statista (2019b). *Food shopping behavior in canada - statistics & facts*, 75 p.
- Terzis, Vasileios, Christos N. Moridis et Anastasios A. Economides (2013). « Measuring instant emotions based on facial expressions during computer-based assessment », *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 17, no 1, p. 43-52.
- Tobii AB (2017). *Tobii pro x3-120 eye tracker : Product description*. Récupéré le 6 août 2019 de <https://www.tobiiipro.com/siteassets/tobii-pro/product-descriptions/tobii-pro-x3-120-product-description.pdf>
- Toms, Elaine G (2000). « Understanding and facilitating the browsing of electronic text », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 52, no 3, p. 423-452.
- Venkatesan, Rajkumar, Vipin Kumar et Nalini Ravishanker (2007). « Multichannel shopping: Causes and consequences », *Journal of Marketing*, vol. 71, no 2, p. 114-132.
- Venkatraman, Nenkath (1989). « The concept of fit in strategy research: Toward verbal and statistical correspondence », *Academy of management review*, vol. 14, no 3, p. 423-444.
- Verhoef, Peter C, Scott A Neslin et Björn Vroomen (2007). « Multichannel customer management: Understanding the research-shopper phenomenon », *International journal of research in marketing*, vol. 24, no 2, p. 129-148.
- Verhoef, Peter C., P. K. Kannan et J. Jeffrey Inman (2015). « From multi-channel retailing to omni-channel retailing: Introduction to the special issue on multi-channel retailing », *Journal of Retailing*, vol. 91, no 2, p. 174-181.
- vom Brocke, Jan, Alan Hevner, Pierre Majorique Léger, Peter Walla et René Riedl (2020). « Advancing a neurois research agenda with four areas of societal contributions », *European Journal of Information Systems*, p. 1-16.
- Wang, Rebecca Jen-Hui, Edward C. Malthouse et Lakshman Krishnamurthi (2015). « On the go: How mobile shopping affects customer purchase behavior », *Journal of Retailing*, vol. 91, no 2, p. 217-234.

- Warriner, Amy Beth, Victor Kuperman et Marc Brysbaert (2013). « Norms of valence, arousal, and dominance for 13,915 english lemmas », *Behavior Research Methods*, vol. 45, no 4, p. 1191-1207.
- Winnicott, D, W (1953). « Transitional objects and transitional phenomena—a study of the first not-me possession », *International journal of psycho-analysis*, vol. 34, p. 89-97.
- Xu, Kaiquan, Jason Chan, Anindya Ghose et Sang Pil Han (2017). « Battle of the channels: The impact of tablets on digital commerce », *Management Science*, vol. 63, no 5, p. 1469-1492.
- Yüksel, Atila (2007). « Tourist shopping habitat: Effects on emotions, shopping value and behaviours », *Tourism Management*, vol. 28, no 1, p. 58-69.
- Zajonc, R. B. (1980). « Feeling and thinking: Preferences need no inferences », *American Psychologist*, vol. 35, no 2, p. 151-175.
- Zedeck, Sheldon (1971). « Problems with the use of" moderator" variables », *Psychological bulletin*, vol. 76, no 4, p. 295.
- Zhang, Qin, Manish Gangwar et P. B. Seetharaman (2017). « Polygamous store loyalties: An empirical investigation », *Journal of Retailing*, vol. 93, no 4, p. 477-492.
- Zigurs, Ilze et Bonnie K. Buckland (1998). « A theory of task/technology fit and group support systems effectiveness » [Article], *MIS Quarterly*, vol. 22, no 3, p. 313-334.
- Zigurs, Ilze et Deepak Khazanchi (2008). « From profiles to patterns: A new view of task-technology fit », *Information systems management*, vol. 25, no 1, p. 8-13.