



HAL
open science

Acceptation et utilisation d'outils : vers une approche cognitive

Boris Alexandre

► **To cite this version:**

Boris Alexandre. Acceptation et utilisation d'outils : vers une approche cognitive. Psychologie. Université de Lyon, 2019. Français. NNT : 2019LYSE2021 . tel-02297705

HAL Id: tel-02297705

<https://theses.hal.science/tel-02297705>

Submitted on 26 Sep 2019

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

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



N° d'ordre NNT : 2019LYSE2021

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

Opérée au sein de

L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

École Doctorale : ED 476 Neurosciences et Cognition

Discipline : Sciences cognitive/Psy

Soutenue publiquement le 28 mars 2019, par :

Boris ALEXANDRE

Acceptation et utilisation d'outils :

vers une approche cognitive.

Devant le jury composé de :

Marc-Eric BOBILLIER-CHAUMONT, Professeur des universités, C.N.A.M., Président

Marie IZAUTE, Professeure des universités, Université de Clermont-Ferrand, Rapporteur

Éric BRANGIER, Professeur des universités, Université de Lorraine, Rapporteur

François OSIURAK, Professeur des universités, Université Lumière Lyon 2, Co-Directeur de thèse

Jordan NAVARRO, Maître de conférences HDR, Université Lumière Lyon 2, Co-Directeur de thèse

Emanuelle REYNAUD, Maître de conférences, Université Lumière Lyon 2, Co-Directrice de thèse

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « [Paternité – pas d'utilisation commerciale – pas de modification](#) » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

Université Lumière Lyon 2
École Doctorale Neurosciences et Cognition (NSCo), ED 476
Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs (EMC), EA3082

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du grade de
DOCTEUR EN SCIENCES COGNITIVES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

ACCEPTATION ET UTILISATION D'OUTILS : VERS UNE APPROCHE COGNITIVE

Par Boris ALEXANDRE

Réalisée sous la Direction de :

François Osiurak
Emanuelle Reynaud
Jordan Navarro

Thèse soutenue publiquement le 28 mars 2019

Devant le jury composé de :

Marie IZAUTE, Professeure des Universités, Université Clermont Auvergne, Rapportrice
Éric BRANGIER, Professeur des Universités, Université de Lorraine, Rapporteur
Marc-Éric BOBILLIER CHAUMON, Professeur au CNAM, Examineur

François OSIURAK, Professeur des Universités, Université Lyon 2, Directeur de thèse
Emanuelle REYNAUD, Maître de Conférences, Université Lyon 2, Directrice de thèse
Jordan NAVARRO, Maître de Conférences, Université Lyon 2, Directeur de thèse

Acceptation et utilisation d'outils : Vers une approche cognitive

Résumé

Qu'est-ce qui nous pousse à utiliser un outil, et pourquoi un outil est-il accepté ou rejeté par un utilisateur ? Cette thèse propose d'étudier la question de l'acceptabilité (i.e. l'intention a priori d'utiliser un outil avant une utilisation) et surtout de l'acceptation (i.e. la décision ou l'intention d'utiliser un outil après une utilisation réelle), en l'examinant sous l'angle des aspects cognitifs de l'utilisation d'outils. Après une revue de la littérature sur ce sujet, qui recense 142 critères de l'acceptation, nous proposons une nouvelle grille de lecture théorique en classant les critères présents dans la littérature en quatre catégories de critères : l'utilité, la facilité, l'esthétique et un dernier critère regroupant les différences contextuelles et individuelles de l'utilisateur. Suite à notre partie théorique, qui explore également le domaine des outils cognitifs, les mécanismes de la prise de décision dans l'utilisation d'outils et le rôle de la métacognition, des résultats expérimentaux sont également présentés. Dans un premier ensemble d'expériences, les participants sont face à des outils physiques qui varient selon différents critères (utilité, facilité et esthétique). Nous nous intéressons aux différences qu'il existe entre les phases d'acceptabilité (exposition à court terme) et d'acceptation (exposition à long terme), notamment dans les représentations qu'ont les utilisateurs des outils, et si les préférences des utilisateurs sont guidées par des critères propres à l'outil. Les résultats montrent qu'il existe une hiérarchie des critères. Dans la phase d'acceptabilité, c'est le critère de la facilité qui a la plus grande influence. En revanche, dans la phase de l'acceptation, c'est le critère de l'utilité qui a une plus grande influence, que ça soit en terme de préférence (classement des outils) ou de temps passé sur l'outil. L'esthétique n'a aucune influence sur les choix des utilisateurs. Dans un second ensemble d'expériences, nous étudions l'influence des performances pour différentes fonctions cognitives dans l'utilisation d'outils. Des participants sont exposés à des outils cognitifs qui assistent différentes fonctions cognitives (mémoire, attention visuelle, prise de décision). Nous avons cherché à savoir dans quelles fonctions cognitives les utilisateurs préfèrent être assistés, et si ces préférences sont rationnelles, à savoir si elles sont en lien avec leurs performances ou la méta-représentation de leurs performances dans ces mêmes fonctions cognitives. On observe que l'outil assistant la mémoire de travail est largement préféré, mais qu'il existe des profils d'utilisateurs, certains préférant être assisté en attention visuelle ou en prise de décision. Cette préférence est basée sur la méta-représentation de la performance, et non sur la performance en elle-même. Les résultats montrent en effet que plus les sujets estiment qu'ils sont mauvais dans une fonction cognitive, plus ils vont utiliser un outil qui assiste cette même fonction cognitive, et ce indépendamment de leurs performances réelles dans cette fonction cognitive. Enfin, une

discussion générale étudie l'impact des résultats obtenus dans cette thèse. Dans cette dernière partie du manuscrit, nous proposons de réfléchir et de conclure sur les conséquences et les implications de nos résultats, et nous avançons des perspectives et des questionnements sur les évolutions futures des questions liées à l'acceptation de l'outil.

Mots-clefs : Outil – Utilisation d'Outils – Acceptation – Acceptabilité – Technologies –
Expérience Utilisateur

Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné de près ou de loin durant cette belle aventure qu'est la thèse. En premier, je veux remercier ceux qui ont rendu cette expérience possible, à savoir mes directeurs, François, Emanuelle et Jordan. Je vous dois beaucoup : des conseils, des relectures, des critiques constructives, de l'échange, et bien sûr beaucoup d'humour. Chacun de vous, à sa manière, a su me montrer le métier de la recherche sous un angle différent. Merci d'avoir toujours été bienveillants avec moi, je me rends compte que j'ai eu beaucoup de chance de vous avoir comme encadrants pendant trois ans. Je remercie évidemment tout le laboratoire EMC, en particulier tous les doctorants qui m'ont permis de travailler dans une très bonne ambiance, et spécialement Sarah avec qui j'ai eu le plaisir de partager mon bureau. Un grand merci en particulier à toute l'équipe COSy, dont chacun des membres m'a beaucoup apporté, notamment Emmanuel et Alexandrine qui m'ont accompagné dès le tout premier jour.

Je remercie tendrement mes amis et mes proches, qui m'ont soutenu pendant trois ans. Merci à ceux qui ont accompagné mon aventure à Lyon, en particulier Camille, Valentin et Alex. Merci à Angèle qui a rendu heureux ce difficile moment qu'est la fin de thèse, et dont la bonne humeur me pousse à toujours aller de l'avant. Merci à tous mes amis lorrains, trop nombreux pour tous être cités, que je ne vois plus assez et qui me rappellent ma chère Lorraine natale, qui me manque bien souvent. Merci à Migna pour son humour et sa gentillesse, merci à Gaëlle pour m'avoir aidé à bien vivre cette thèse, m'avoir appris à avoir confiance en moi, et surtout pour m'avoir appris le sens de la teranga.

Je souhaite également remercier ma famille, qui compte tellement pour moi. Merci à Jean-Clément, pour nos longues discussions, nos moments musicaux, et pour nos escapades qui m'ont permis de m'aérer la tête plus d'une fois. Un grand merci à mes deux petites sœurs, Maïa et Anouk, qui représentent beaucoup pour moi, et sur qui je peux toujours compter. Merci à mes parents, que j'aime par-dessus tout, ma chère maman qui me comprend plus que n'importe qui, et mon papa qui m'a donné le goût de la curiosité, de la critique et de la remise en question.

Pour finir, ceux à qui je dédie cette thèse : Mes quatre grands-parents, qui sont mes origines, à qui je dois une enfance plus qu'heureuse, et à qui je pense tous les jours.

Table des matières

Résumé	4
Remerciements	6
Introduction générale.....	10
Première Partie : Théorie	15
I-Acceptation et acceptabilité : les différentes approches.....	16
1-Introduction et définitions des concepts	16
1-1 L'outil	16
1-2 Acceptation et Acceptabilité.....	16
2-L'approche ergonomique	17
2-1 L'utilisabilité	18
2-2 L'accessibilité	18
2-3 Les apports méthodologiques de l'approche ergonomique	19
3-L'approche de la psychologie sociale	19
3-1 TRA et TPB : les précurseurs	20
3-2 Bandura et l'auto-efficacité	21
3-3 Les théories de la diffusion de l'innovation	21
3-4 La théorie socio-cognitive	22
4-L'approche orientée sur la productivité.	23
4-1 TAM, le modèle de référence dans l'acceptation	23
4-2 Les multiples extensions du TAM	24
4-3 Le modèle UTAUT	25
4-4 Le modèle P3	27
4-5 Le modèle de Nielsen.....	27
4-6 Les modèles TIB et TCBP	28
5-L'approche hédonique	29
5-1 La satisfaction	29
5-2 Le modèle de non-confirmation des attentes	30
5-3 Le concept du flow.....	31
6-L'approche expérience-utilisateur (UX).....	32
6-1 La rupture théorique de l'UX	32
6-2 Le modèle d'Hassenzahl	33
6-3 Le modèle de Thüring et Mahlke	34
6-4 La symbiose.....	35
6-5 La multidimensionnalité de l'UX	36
7-La théorie de la décision.....	36
7-1 La maximisation du gain	36
7-2 Individu et groupe.....	37
8-Critères indépendants	38
9-Temporalité et dynamisme	38
9-1 L'évolution de la question de la temporalité	38
9-2 Le modèle de Karapanos.....	39
10-Conclusion sur les modèles de l'acceptation.....	41
II-Outils cognitifs et fonctions cognitives	43
1-Introduction : Les outils cognitifs, définitions	43
1-1 Une définition des outils cognitifs	43
1-2 L'utilisation d'outils cognitifs	44
2-Outil externe ou traitement interne ?.....	45
2-1 L'outil comme extension de la mémoire	45
2-2 L'outil et la charge cognitive	45
2-3 L'hypothèse MMH vs SCH.....	46

3-La métacognition.....	48
3-1 La métacognition : un phénomène composite et multidimensionnel.....	48
3-2 Connaissances métacognitives et compétences métacognitives	48
3-3 Mesurer la métacognition	49
4-Influence de la représentation de l’outil par l’utilisateur et des jugements métacognitifs	50
4-1 Compromis entre coût et bénéfices, le principe du moindre effort.....	50
4-2 L’influence de la méta-représentation	51
5-Prise de décision et sélection de l’outil.....	52
5-1 L’importance de faire des choix et de contrôler la situation	52
5-2 Le phénomène de la sélection de l’outil.....	53
6-La sélection de l’outil en tant que phénomène composite	54
6-1 Un phénomène global et dynamique	54
6-2 L’hypothèse de la compétition des affordances.....	55
7-Des profils d’utilisateurs différents	55
8-L’influence de l’environnement et du contexte dans la prise de décision	57
8-1 L’importance du contexte.....	57
8-2 L’influence du nombre de choix.....	57
Deuxième Partie : Expériences	59
I- Article 1 : Revue de la littérature et principaux critères de l’acceptation	60
1 Introduction.....	60
2 Memento des principaux résultats.....	61
II-Article 2 : Hiérarchie des critères de l’acceptation et influence du type d’exposition	75
1 Introduction.....	75
2 Memento des principaux résultats.....	76
Tool Acceptance And Acceptability: Insights From A Real Tool Use Activity.....	78
Abstract	79
Introduction	80
Experiment 1: Acceptability	81
Method	81
Results	83
Discussion	86
Experiment 2: Acceptance	86
Method	86
Results	88
Discussion	94
General Discussion	95
III-Article 3 : Influence des fonctions cognitives et de la méta-représentation dans l’acceptation de l’outil.....	100
1 Introduction.....	100
2 Memento des principaux résultats.....	101
Which Cognitive Tools Do We Prefer To Use, And Is That Preference Rational?	103
Abstract	104
Introduction	105
Methods	106
Results	110
Discussion	117
Troisième Partie : Discussion	123
1-Remarques sur la méthodologie dans l’évaluation de l’utilisation d’outil	124
1-1 Principaux critères de l’acceptation retenus	124
1-2 Apport de la thèse sur la méthodologie en recherche	125
2-Comment juge-t-on un outil ?	126
Influences des critères sur le jugement que l’on porte sur l’outil	126
3-Quels critères nous poussent à utiliser un outil ?	127

Hiérarchie des critères de l'acceptation	127
4-Observation d'un outil et son utilisation : Deux représentations différentes de l'outil	127
5-Objets, désir et mimétisme	129
5-1 La théorie girardienne du désir mimétique	129
5-2 Applications de la théorie du désir mimétique	131
5-3 Théorie du désir mimétique et acceptation de l'outil	131
6-Fonctions cognitives et préférences	132
6-1 Quelles fonction(s) cognitive(s) préfère-t-on assister ?	132
6-2 L'hypothèse de la performance	133
6-3 L'hypothèse de l'accès à l'information	133
6-4 L'hypothèse de l'efficacité	134
7-Influence de la performance et des méta-représentations dans l'utilisation d'outils	134
7-1 La méta-représentation et la performance dans la sélection de l'outil	135
7-2 La méta-représentation en tant que moteur de l'utilisation d'outil	135
8-Perspectives	136
8-1 Perspectives théoriques : Quels modèles utiliser ?	136
8-2 Plus d'expérimental, moins de théorique ?	137
8-3 Quels outils utiliser et dans quel environnement ?	138
8-4 Pistes pour le futur	138
9-Les rejets de l'outil et de la technique	139
9-1 Les situations de non-usage	139
9-2 Les critères de rejet de l'outil	140
9-3 Rejet et acceptation. Que peut-on en tirer ?	141
10-Conclusion générale sur l'utilisation d'outil	143
10-1 Que retenir ?	143
10-2 L'impossibilité d'un modèle universel pour une cognition située	144
10-3 Les critères de l'acceptation : de multiples niveaux	144
10-4 Un difficile équilibre entre monde extérieur et monde intérieur	145
Références	147

Introduction générale

L'utilisation d'outil est un phénomène fondamental dans l'histoire des civilisations humaines. Le domaine des technologies et de la Technique a constamment évolué dans l'histoire des humains, générations après générations, et la diversité des actions outillées est d'une très grande richesse (Leroi-Gourhan, 1973). Dans notre vie de tous les jours, nous sommes constamment entourés d'outils dont nous nous servons, qu'ils soient à dominance physique (e.g. un couteau, un stylo, une clef) ou cognitive (e.g. une calculatrice, un ordinateur, un téléphone portable), et qui nous aident à modifier notre environnement ou à atteindre un but. Que ça soit pour comprendre l'évolution des outils dans l'histoire de l'humanité, ou pour comprendre notre utilisation d'objets de la vie quotidienne, une question fondamentale se pose : Qu'est-ce qui nous pousse à utiliser un outil ? Qu'est-ce qui fait qu'une personne va choisir d'adopter un outil en particulier ? En d'autres mots, pourquoi un outil est accepté ou rejeté par un utilisateur ? Nous le verrons, les problématiques liées à l'outil sont complexes, spécifiquement parce que les concepts qui gravitent autour de celles-ci sont forts nombreux : usage, adoption, acceptation, acceptabilité, utilisation, etc... Dans notre cas, nous allons nous centrer sur l'acceptation, mais comme nous allons le voir, elle est indissociable (historiquement et théoriquement) d'autres définitions sociologiques, psychologiques et ergonomiques que nous évoquerons.

Ce manuscrit a donc pour but d'étudier ce phénomène qu'est l'adoption d'un outil, et plus particulièrement son acceptation (c'est-à-dire la décision d'utiliser un outil ou une innovation, après l'avoir utilisé ; Mendoza, Carroll & Stern, 2010), et d'essayer d'apporter un angle de lecture original, en se basant sur les aspects cognitifs de l'utilisation de l'outil. Comprendre les mécanismes de l'acceptation de l'outil révèle un double objectif : d'abord un objectif pratique, orienté vers les besoins du monde moderne posés par l'arrivée des nouvelles technologies, à savoir mettre en place des méthodes pour mieux évaluer, créer et prédire le comportement des utilisateurs face aux technologies (Dillon & Morris, 1999), et affiner les grilles de lectures existantes sur la prédiction des comportements des utilisateurs. Ce manuscrit a également un objectif théorique, avec des interrogations propres au domaine des sciences cognitives et de la psychologie, à savoir mieux comprendre l'action outillée, et comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'utilisation d'outil et la sélection d'outils. Cette question est d'autant plus fondamentale que nos sociétés modernes s'interrogent de manière critique sur les

nouvelles technologies et leurs places de plus en plus importantes dans nos vies quotidiennes. Que nous parlions d'outils cognitifs ou d'outils physiques, ce travail a pour but de se prononcer sur l'interaction entre l'outil et l'utilisateur, sur la manière dont les humains construisent les représentations qu'ils ont des outils et établissent leurs préférences, pour choisir un outil plutôt qu'un autre, ou en rejetant un outil pour une raison donnée. Nous nous poserons donc la question des critères d'acceptation de l'outil, et plus précisément nous chercherons à savoir s'il existe des critères appartenant à l'utilisateur ou à l'outil qui peuvent prédire nos préférences et nos comportements, puis l'influence de notre cognition (i.e. de nos fonctions cognitives comme la mémoire, la prise de décision, la conscience ou l'attention visuelle) sur notre sélection d'outils.

Ce manuscrit entend apporter de nouvelles données sur l'utilisation d'outils, en s'axant principalement autour de trois articles, un article théorique et deux articles expérimentaux. Le premier article, *Acceptance and acceptability criteria : a literature review*, est une revue de la littérature qui propose de lire la question des critères de l'acceptation et de l'acceptabilité sous un angle nouveau. Il part du constat qu'il existe une grande quantité de modèles et de critères de l'acceptation dans la littérature, issus de plusieurs disciplines (e.g. psychologie, ergonomie, sciences cognitives, sociologie). Notre revue offre une nouvelle grille de lecture, en proposant une liste de quatre méta-critères (Utilité, Facilité, Esthétique et Différences sociales et individuelles), supposés englober la totalité des critères présents dans la littérature (142 critères). Nous soulignons particulièrement l'importance des trois méta-critères liés à l'outil (Utilité, Facilité, Esthétique), qui permettent à eux seuls d'expliquer et de représenter 65% des critères présents dans la littérature, et 70% des critères les plus importants de chaque modèle théorique de l'acceptation. Nous proposons à la suite de ce travail théorique un second article cette fois-ci expérimental, *Tool Acceptance And Acceptability : Insights From A Real Tool Use Activity*, dans lequel nous présentons deux expériences. Le but principal est double : étudier les différences entre l'acceptabilité (i.e. les jugements et représentations de l'outil par l'utilisateur avant d'utiliser l'outil ou après une courte utilisation) et l'acceptation (i.e. jugements et représentations de l'outil par l'utilisateur a posteriori, après une utilisation réelle d'outils à long terme) ; ensuite examiner les préférences des utilisateurs selon les critères de l'outil, et chercher à déterminer quel critère de l'outil fait qu'il est préféré ou rejeté. Nous avons choisi de proposer une expérience avec une utilisation d'outil physique et à long terme (sur cinq séances), après avoir constaté que dans la littérature la quasi-totalité des expériences portent sur l'acceptabilité, sans utilisation réelle d'outils et sans observations comportementales, ou avec une exposition à l'outil très faible. Dans nos deux expériences, nous avons exposé les participants à huit outils,

des xylophones, variant selon trois critères : la Facilité, l'Utilité et l'Esthétique. Ces trois critères (Facilité, Utilité, Esthétisme) ont été retenus suite à notre premier article, la revue théorique, qui avait montré la prédominance de ces trois critères dans la littérature. Chaque xylophone possède chaque critère à un niveau faible (avec des outils étant peu facile/utile/esthétique) ou bien élevé (avec des outils étant facile/utile/esthétique). Nous proposons deux expériences : Une première expérience porte sur l'acceptabilité (i.e. les jugements a priori, avant utilisation), où des sujets doivent évaluer via des questionnaires chaque outil sur son utilité, sa facilité et son esthétisme, soit en observant une tierce personne utiliser l'outil (60 participants), soit en utilisant l'outil brièvement (10 participants). Une seconde expérience portait sur l'acceptation et l'utilisation à long terme. Durant cette séance, les sujets (30 participants) avaient pour objectif et consignes d'apprendre à jouer du xylophone, avec un apprentissage à long terme (durant cinq séances). Nous avons pu constater à travers ces expériences que le type d'exposition à l'outil influencent le jugement de l'utilisateur (i.e. comment les utilisateurs évaluent les outils selon leur utilité, facilité, esthétisme) ; plus précisément, lors des phases d'acceptabilité, c'est principalement le critère de la facilité qui influence l'utilisateur. A l'inverse, dans les phases d'acceptation, c'est le facteur de l'utilité qui a la plus grande influence. En terme de préférences d'outil, c'est également le critère de l'utilité qui influence le plus les utilisateurs : les outils utiles sont préférés, puis les outils faciles à utiliser ; l'esthétisme n'a que peu d'influence dans les préférences. On observe également une corrélation positive entre le temps passé sur l'outil et la préférence pour ce même outil.

Dans une troisième expérience, révélée dans l'article intitulé *Which cognitive tools do we prefer to use, and is that preference rational ?*, nous souhaitons étudier la question de l'acceptation dans le cadre d'outils cognitifs (i.e. qui améliorent la cognition), et si la préférence des utilisateurs pour un type d'outil est lié à une fonction cognitive donnée, et si cette préférence est rationnelle (i.e. lié au compétences des utilisateurs, ou à la méta-représentation de ces compétences.) Les participants étaient mis face à une version virtuelle du jeu « Qui est-ce ? », dont le but est de trouver un individu parmi plusieurs, en posant des questions sur ses attributs physiques. Les sujets pouvaient utiliser, en plus de la version normale, un outil assistant la mémoire de travail (i.e. aidant à retenir des informations), un outil assistant l'attention visuelle sélective (i.e. aidant à sélectionner l'information visuelle dans l'environnement) et un outil aidant la prise de décision (i.e. aidant les sujets à faire les bons choix). Durant trois expériences proposant des conditions d'utilisations différentes (notamment une exposition à l'outil plus ou moins longue, et des conditions d'utilisations forcées ou volontaires), nous avons constaté que les utilisateurs préfèrent utiliser un outil cognitif qu'un outil qui ne les assiste pas dans une

fonction cognitive. Les participants préfèrent majoritairement utiliser les outils cognitifs qui assistent la mémoire de travail ; cependant, il existe des différences individuelles. En effet, les utilisateurs sont assez constants dans leur choix, et il existe principalement deux profils : ceux qui souhaitent être assistés en mémoire de travail et ceux qui souhaitent être assistés en prise de décision. Nous proposons plusieurs hypothèses pour interpréter ces résultats, notamment : l'hypothèse d'une volonté de la part des sujets d'acquérir l'information lorsqu'ils en ont besoin plutôt que de retenir l'information en mémoire ; l'hypothèse d'une préférence pour l'efficacité plutôt que pour l'efficience ; l'hypothèse de l'influence de la méta-représentation des sujets dans leur sélection d'outil. Nous avons, pour un des groupes de participants, mesuré leurs performances réelles et leurs performances estimées (méta-représentations) dans chaque fonction cognitive. Les sujets effectuaient une double tâche de Baddeley et un empan inversé pour la mémoire de travail. Pour l'attention visuelle sélective, les sujets passaient les tests *Symbol cancellation test* et le *Bells Test*. Enfin, concernant la prise de décision les sujets se soumettaient aux tests *Iowa gambling task* et le *Game of dice task*. Concernant cette dernière hypothèse, nous avons constaté que plus les sujets estiment qu'ils sont mauvais dans une fonction cognitive, plus ils vont utiliser un outil qui assiste cette même fonction cognitive, et ce indépendamment de leurs performances réelles dans cette fonction cognitive ; la préférence pour un outil donné serait alors guidée par notre estimation de nos compétences plutôt que par nos compétences réelles.

Pour tenter de répondre à la question de l'acceptation de l'outil de manière générale, nous suivons le plan suivant : Dans une première partie théorique, nous présenterons d'abord les connaissances actuelles de la littérature sur l'acceptation et l'acceptabilité qui sont, comme nous allons le voir, vastes et appartenant à des disciplines diverses ; le but sera de prendre connaissance des critères de l'adoption de l'outil existant. Ensuite, nous nous intéresserons au cas particulier des outils cognitifs, en les définissant et présentant les connaissances actuelles portant sur le lien entre fonctions cognitives et utilisations d'outils cognitifs. Dans une seconde partie expérimentale, nous présenterons tour à tour les trois articles qui furent rédigés durant cette thèse, avec un premier article théorique portant sur les critères d'acceptation et d'acceptabilité, et deux articles présentant les expériences effectuées durant la thèse. Enfin, dans une dernière partie dédiée à la discussion générale, nous reviendrons sur les principaux résultats obtenus durant cette thèse, pour ensuite prendre un peu de recul et dégager de grands constats obtenus sur l'acceptation d'outil et l'influence des facteurs cognitifs dans l'acceptation d'outils. Nous essaierons dans cette dernière partie d'établir un raisonnement général sur

l'utilisation d'outil, et de mettre en lumière les apports de cette thèse sur la question de l'acceptation et l'utilisation de l'outil.

Première Partie : Théorie

I-Acceptation et acceptabilité : les différentes approches

1-Introduction et définitions des concepts

1-1 L'outil

La question de l'adoption de l'outil et des mécanismes qui font qu'un utilisateur va utiliser, apprécier ou rejeter un outil est une question qui a largement été étudiée dans la littérature, sous divers angles. Commençons tout d'abord par quelques définitions qui seront nécessaires à la bonne compréhension de ce manuscrit : La notion d'outil utilisée ici est une notion générale. Elle se réfère à un objet physique, qui est manipulé par un utilisateur afin de faire des changements dans l'environnement (Osiurak, Jarry & Le Gall, 2010). L'outil permet d'augmenter nos capacités de manière artificielle, et d'exécuter des actions qui nous seraient naturellement impossibles sans outil (Goldenberg & Iriki, 2007 ; Johnson-Frey, 2007). Utiliser un outil, c'est donc transformer le monde ou modifier ses propres compétences, c'est en fait un moyen de médiation qui s'effectue en tant qu'action transformatrice. On peut noter que ce terme ne fait pas l'unanimité selon les disciplines : on voit également le terme de *technologie*, de *système*, de *produit* ou d'*objet* ; l'essentiel est de noter que dans ce manuscrit, on englobe tous ces concepts sous le terme d'outil. L'adoption d'un l'outil, quant à elle, est définie par Rogers (1995) comme un processus partant de la découverte d'une innovation et menant à l'adoption finale de l'outil et son utilisation par le plus grand nombre, individuellement ou collectivement.

1-2 Acceptation et Acceptabilité

Deux autres concepts utilisés seront les concepts d'acceptation (*acceptance*) et d'acceptabilité (*acceptability*). Ces deux phénomènes font partie du processus plus général d'interaction entre l'utilisateur et l'outil qu'est l'adoption d'outil (Barcenilla & Bastien, 2009 ; Lee et al., 2003). L'acceptabilité est un phénomène a priori (i.e. avant expérience), et représente le jugement de l'utilisateur avant l'usage (Barcenilla & Bastien, 2009 ; Février, 2011). L'acceptabilité est supposée prédire l'intention d'usage, i.e. la volonté explicite d'utiliser un outil (Dillon & Morris, 1996). En d'autres mots, l'acceptabilité est la représentation plus ou moins positive de l'outil qu'aura un utilisateur avant de l'utiliser (Tricot et al., 2003). A l'inverse, l'acceptation est un jugement a posteriori (après un usage réel), nécessitant une phase expérientielle (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009 ; Février, 2011). Il faut néanmoins souligner que la définition de ces critères fait l'objet de débat : pour certains, un usage court et unique

sera considéré comme étant de l'acceptabilité et non de l'acceptation, pour d'autres ça sera déjà de l'acceptation. Nous avons fait le choix méthodologique d'appeler acceptabilité l'intention d'utiliser ou non l'outil avant de l'avoir utilisé, et acceptation l'intention d'utiliser ou non l'outil après l'avoir utilisé. Dans la littérature, il faut remarquer que les expériences se focalisent souvent sur l'acceptabilité plutôt que sur l'acceptation, avec seulement l'usage de questionnaires comme méthode d'évaluation et sans utilisation réelle (Brangier, Dufresne & Hammes-Adelé, 2009 ; Subramanian, 1994). En effet, les observations comportementales sont très rares (Hornbæk, 2006), et lorsqu'il y en a, l'exposition à l'outil est très faible, la question de la temporalité n'étant jamais ou presque jamais prise en compte (Karapanos et al., 2009). Nous reviendrons sur ces points dans les parties suivantes. La question de l'acceptabilité et de l'acceptation de l'outil a la particularité d'avoir été étudiée par un grand nombre de disciplines, notamment l'ergonomie, la sociologie, la psychologie, les sciences cognitives, et le design comportemental (Dubois & Bobillier-Chaumon, 2009 ; Venkatesh, Morris & Ackerman, 2004 ; Yousafzai, Foxall & Pallister, 2010), et a offert un très grand nombre de concepts, de modèles, de théories et de critères de l'acceptation (e.g. utilisabilité, l'attitude, l'utilité, les croyances, les normes subjectives, l'esthétique, la satisfaction, la confiance, la facilité, l'accessibilité, etc.). Il a été maintes fois souligné qu'il faut se pencher sur plus d'une seule approche théorique afin d'avoir une compréhension exhaustive du phénomène de l'acceptation (Taherdoost, 2018). Le but de cette première partie théorique est de faire le point sur les différentes connaissances sur l'acceptation issues des différentes approches. Il nous faut préciser que l'attribution d'un modèle, d'un concept ou d'un auteur à une approche théorique donner peut parfois être soumis au débat. En effet, certains auteurs sont à cheval sur plusieurs approches théoriques et il a parfois fallu faire des choix méthodologiques qui, nous en sommes conscients, pourraient être remis en cause et débattus.

2-L'approche ergonomique

La première approche sur l'acceptation et l'acceptabilité a été développée dans le domaine de la psycho-ergonomie. L'idée principale de cette approche, qui est centrée sur l'outil et ses caractéristiques techniques, est qu'il existe un ou plusieurs critères ergonomiques propres à l'outil qui vont faire que l'outil sera ou non utilisé et accepté par les utilisateurs. Parmi ces critères, les deux plus célèbres sont historiquement l'utilisabilité (*usability*) et l'accessibilité (*accessibility*).

2-1 L'utilisabilité

L'utilisabilité, selon les premières définitions, est un concept qui représente à la fois l'efficacité et la facilité d'usage lorsqu'on utilise un outil, lequel outil est alors utilisé comme un support approprié pour compléter une tâche (Bevan, 2001 ; Shackel, 1981). Selon Nielsen (1994), une des figures de proues de l'approche ergonomique de l'acceptation, l'utilisabilité est un critère d'évaluation de l'outil. Il divise l'utilisabilité en cinq dimensions : l'efficience, la satisfaction, la facilité d'apprentissage, la facilité d'utilisation et la fiabilité (voir aussi à ce sujet Dubois & Bobillier-Chaumon, 2009). D'autres auteurs ont travaillé à décomposer le critère de l'utilisabilité pour mieux le comprendre, rejoignant souvent les constats de Nielsen. Par exemple, Shackel (1981) a défini l'utilisabilité comme étant composé de quatre critères qui ont le même poids : l'efficacité, la capacité d'être appris facilement (*learnability*), la souplesse et l'attitude de l'utilisateur (Harvey, 2011). Un bon résumé de la notion d'utilisabilité a été proposé par Harvey et al. (2011), qui définit l'utilisabilité comme un concept impliquant la maniabilité de l'outil (i.e. qu'il soit facile à utiliser), qu'il soit utilisable avec efficacité (i.e. qu'il permette d'atteindre un but à un coût bas), qu'il possède le critère de l'opérabilité (i.e. l'habileté pour l'utilisateur à avoir confiance en l'outil et à le garder dans un état de fonctionnement correct) et de l'accessibilité (i.e. un outil qui soit utilisable par n'importe qui) (Harvey et al., 2011). L'utilisation la plus célèbre du concept de l'utilisabilité reste cependant celle construite pour les standards des normes de l'organisme de normalisation international ISO (Barcenilla et Bastien, 2009 ; ISO/IEC, 1998). Selon la norme ISO 9241- 11, un outil est utilisable lorsqu'il permet à l'utilisateur de "réaliser sa tâche avec efficacité, efficience et satisfaction dans le contexte d'utilisation spécifié".

2-2 L'accessibilité

Un autre critère important dans l'approche ergonomique est celui de l'accessibilité ; il est parfois inclus dans la définition même de l'utilisabilité (e.g. Harvey (2011), voir ci-dessus), mais le plus souvent il est considéré en tant que critère indépendant de l'utilisabilité (Bobillier-Chaumon et Dubois, 2009). L'accessibilité représente, pour un outil, le fait d'être flexible et adapté à tous (Bastien et al., 1998). Comme le soulignent Brangier et al. (2010), l'accès à la technologie est une précondition de l'utilisabilité, l'accessibilité serait alors une précondition pour rendre un outil utilisable, et donc accepté. L'accessibilité peut être plus ou moins importante selon le contexte et le type d'utilisateurs : par exemple, ce sera un critère primordial pour des utilisateurs handicapés ou âgés.

2-3 Les apports méthodologiques de l'approche ergonomique

L'approche centrée sur l'outil n'a pas seulement rendu possible la création de deux critères précédents, mais a également développé, et c'est même le centre et l'origine de l'existence de l'approche ergonomique, des contributions méthodologiques sous formes de tests et questionnaires. Qu'ils soient à l'attention des utilisateurs ou des concepteurs d'outils, ces tests sont mis en place pour évaluer la performance d'un outil dans un domaine donné. Par exemple, Nielsen (1994) a créé un célèbre test d'évaluation de l'utilisabilité, basé sur une évaluation heuristique et une mesure de performances, lesquelles mesures sont obtenues via des données d'observations et des interviews avec les utilisateurs ou les concepteurs. (Nielsen, 1994; Tricot et al., 2003). Un grand nombre d'auteurs ont également contribué à lister des recommandations ergonomiques, les plus célèbres étant les travaux de Bastien et Scapin (1992), qui établissent des critères à suivre afin de rendre un outil plus acceptable pour les utilisateurs. On peut souligner que l'approche ergonomique et techno-centrée a reçu de nombreuses critiques, principalement parce qu'elle se focalise sur les aspects fonctionnels de l'outil, liés à son acceptabilité (i.e. son évaluation avant l'usage), négligeant ainsi les questions d'acceptation de l'outil (i.e. son évaluation pendant et après usage). Bien souvent, les acteurs de ce mouvement cherchent à établir des règles d'usages pour le concepteur d'outils, listant les choses à faire ou à ne pas faire, sans chercher à comprendre les aspects de l'acceptation liés à l'utilisateur.

3-L'approche de la psychologie sociale

A travers l'approche de la psychologie sociale, un véritable changement s'opère par rapport à l'approche précédente : on ne considère plus le problème de l'utilisation d'outil à travers le prisme de l'outil en lui-même en le résumant à ses caractéristiques techniques, mais à travers l'utilisateur, qui est cette fois-ci considéré comme un agent social. Cette approche est apparue car les interrogations sur l'acceptation et l'utilisation d'outils ont imposé de nouvelles questions, que voici : Quels sont les déterminants sociaux de l'utilisation d'outils (Fishbein & Ajzen, 1975) ? Comment nos engagements psychologiques dans l'activité outillée et notre relation avec l'outil influencent notre représentation de l'usage, et nos compétences avec l'outil (Bandura, 1977) ? Existe-t-il un profil universel d'utilisateurs, ou bien des profils d'utilisateurs différents, et donc des groupes d'utilisateurs avec des mécanismes psychosociaux différents (Rogers, 1995) ?

3-1 TRA et TPB : les précurseurs

Les deux premières théories admises comme étant les précurseurs de la psychologie sociale appliquée à l'acceptation et l'acceptabilité sont la théorie de l'action raisonnée (*Theory of Reasoned Action*, TRA) et la théorie du comportement planifié (*Theory of Planned Behaviour*, TPB). Ces deux théories auront une influence considérable. La TRA, développée par Fishbein et Ajzen en 1975, défend le fait que l'intention comportementale d'utiliser un outil est déterminée par le comportement réel (i.e. l'utilisation d'outil) et l'acceptabilité (Ajzen & Fishbein, 1980 ; Fishbein & Ajzen, 1975). La TRA expose trois composants cognitifs principaux, à savoir les attitudes, les normes sociales et l'intention (Taherdoost, 2018). Ajzen (1991) décrit la performance comme le taux de succès à une tâche, l'attitude comme les croyances qu'a l'utilisateur envers l'outil et son utilisation, et les normes subjectives comme la pression sociale d'utiliser (ou non) un outil. Selon ce modèle, l'intention comportementale est elle-même déterminée par les critères de la performance, l'attitude et les normes subjectives (Li 2008). La **Figure 1** propose une traduction en français du modèle de la théorie de l'action raisonnée.

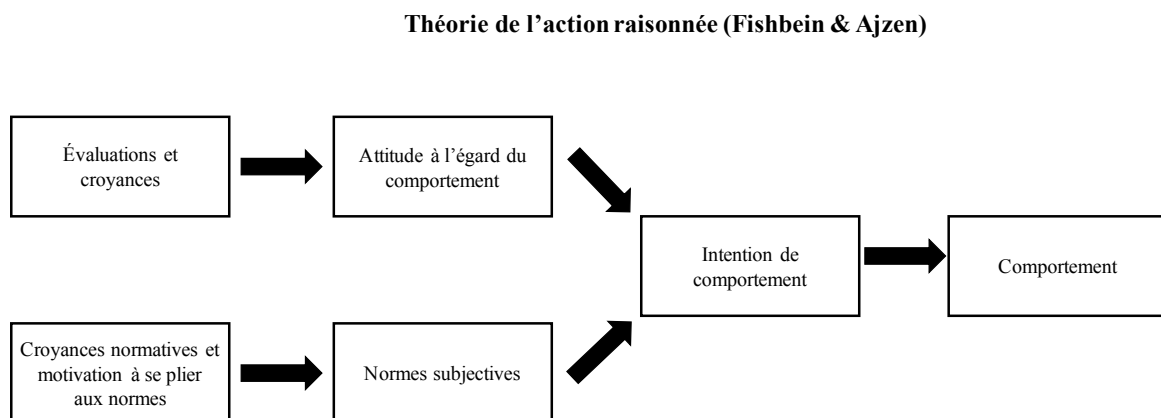


Figure 1: Modèle issu de la théorie de l'action raisonnée, à partir des travaux d'Ajzen et Fishbein (1973). Traduction et adaptation d'une figure de Davis, Bagozzi & Warshaw (1989).

La TPB, qui est quant à elle une extension de la TRA, et qui fut également développée par Fishbein et Ajzen (1975), ajoute trois concepts à la TRA. Le premier concept est celui de l'utilisation efficace (*effective use*), signifiant que la performance durant l'utilisation d'un outil va déterminer notre intention de le réutiliser. Le second concept est la planification du comportement perçue, qui est une auto-évaluation par l'utilisateur de ses ressources et de ses compétences à travers l'outil qu'il veut utiliser. (Ajzen, 1991 ; Février et al., 2008). Enfin, le

troisième concept de la TPB est la motivation, représentant l'engagement de l'utilisateur dans l'utilisation de l'outil. (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009 ; Chau, 1996; Chau & Hu, 2002 ; Taylor & Todd, 1995). Ces deux théories auront leur importance par la suite, puisqu'elles vont être la base théorique du modèle de l'acceptation de la technologie (*technology acceptance model*, TAM) proposé par Davis (1989), modèle fondateur dont nous reparlerons dans la section suivante.

3-2 Bandura et l'auto-efficacité

Un autre acteur majeur du courant social dans l'utilisation d'outil est Bandura (1977 ; 1982 ; 1997), qui a défini et utilisé les notions d'agentivité (*agency*) et d'auto-efficacité (*self-efficacy*). L'agentivité peut être définie comme l'influence personnelle qu'aura un agent social (i.e. un utilisateur) sur son propre fonctionnement (Beillerot, 2004). L'auto-efficacité, un concept qui émerge de l'agentivité et qui lui est lié, est le jugement global de l'utilisateur sur lui-même, qui estimera être assez compétent (ou non) et avoir assez de ressources (ou non) pour utiliser un système technologique (Compeau & Higgins, 1995 ; Février, 2011). En effet, un utilisateur n'a pas de raison d'agir s'il n'est pas convaincu lui-même de réussir avec succès son activité. Selon les théories de Bandura, une auto-efficacité amènera à une plus grande attente d'un résultat avec l'outil, générant ainsi un plus grand engagement, une plus grande motivation à utiliser l'outil et moins d'autodépréciation. L'utilisation d'outil, ainsi que son acceptation et son acceptabilité, sont ipso-facto liées au critère de la motivation et de la croyance en l'accomplissement par le sujet. (Bandura, 1997 ; Beillerot, 2004). On peut noter que Bandura (1982) fait la distinction entre l'expérience vicariante (*vicarious experience*), qui représente l'expérience dans le cas où le sujet compare son utilisation d'outil avec l'utilisation faite par d'autres utilisateurs, et l'expérience active (*active experience*), qui est l'expérience personnelle antérieure du sujet avec un outil donné (Beillerot, 2004). En lien avec cette théorie, Luarn et Lin (2005) ont montré que l'auto-efficacité impacte directement l'intention d'utiliser un outil et le critère de la facilité d'utilisation d'un outil. Malhotra et Galletta (1999) ont également montré que le critère de la norme subjective est un critère qui contribue de manière majeur à la perception de l'auto-efficacité par l'utilisateur.

3-3 Les théories de la diffusion de l'innovation

Concernant les relations entre profils d'utilisateurs, système social et acceptation de l'outil, Rogers (1995) puis Tornatzky et Klein (1982) ont élaboré la théorie de la diffusion de l'innovation. Selon cette théorie et ces auteurs, un outil (eux emploient le terme de technologie)

pour être accepté doit (a) avoir un avantage en comparaison avec les anciennes ou les autres stratégies, (b) être compatible avec les valeurs de l'utilisateur, l'expérience et les besoins des individus ou du groupe qui va utiliser l'outil, (c) être facile à utiliser et (d) avoir des bénéfices positifs et rapidement visibles. Du point de vue de l'utilisateur cette fois-ci, la théorie de la diffusion de l'innovation défend le fait que dans un groupe, il existe plusieurs types d'utilisateurs (i.e. plusieurs profils différents), chacun ayant des caractéristiques particulières, amenant à des types d'utilisations et d'acceptation différents (Hammes-Adelé, 2011). Il existerait une minorité d'utilisateurs innovants qui sont les premiers adeptes, utilisant l'outil avant tout le monde (*early adopters*), puis une majorité précoce et une majorité tardive qui vont utiliser l'outil, et finalement les retardataires (*the laggards*), les derniers à accepter d'utiliser une innovation. En classant ainsi les utilisateurs, Rogers apporte un nouveau critère jouant un rôle dans l'acceptation de l'outil, celui du profil de l'utilisateur, chaque profil ayant des caractéristiques distinctes et étant plus ou moins enclin à utiliser l'outil (Rogers, 1995). Ce modèle de la diffusion de l'innovation propose de plus de définir l'adoption d'un outil en cinq étapes, à savoir la confirmation de l'innovation, la connaissance de l'innovation, son implémentation, la décision de l'utiliser et la persuasion pour que d'autres l'utilisent (Sila, 2015 ; Taherdoost, 2018). Les travaux de Tornatzky et Klein (1982) portant sur la théorie de la diffusion de l'innovation ont montré que la compatibilité, l'avantage relatif et la complexité d'un outil impacte sa diffusion et son acceptation par les utilisateurs. Inspiré par cette théorie, Moore et Benbasat (1991; voir Li 2008) ont proposé une version révisée du TAM (voire section suivante pour la présentation du modèle TAM), ajoutant les critères suivants au modèle de la diffusion de l'innovation : l'avantage relatif, la complexité, l'image, la visibilité et la compatibilité. Le modèle de la diffusion de l'innovation a été souvent utilisé dans la littérature et retravaillé dans bien d'autres cas, on peut notamment mentionner le modèle PCIT (*Perceived Characteristics of Innovating Theory*) qui se veut être une extension de la théorie de la diffusion des innovations, et qui ajoute au modèle les critères de l'image, du caractère volontaire d'utiliser une innovation, et du comportement (Hameed, Counsell & Swift, 2012).

3-4 La théorie socio-cognitive

Enfin, on peut également mentionner une dernière théorie notoire appartenant au domaine de la psychologie sociale, la théorie socio-cognitive (*social cognitive theory*), qui propose trois facteurs principaux pour prédire les comportements des groupes et des utilisateurs (Rana & Dwivedi, 2015 ; Taherdoost, 2018): le facteur comportemental (qui contient les critères de l'usage, de la performance et des problèmes liés à l'adoption), le facteur personnel (qui contient

les critères de la personnalité, des aspects cognitifs et démographiques de l'individu) et enfin le facteur environnemental (qui contient les facteurs sociaux et physiques liés à l'environnement).

4-L'approche orientée sur la productivité.

4-1 TAM, le modèle de référence dans l'acceptation

À la suite des approches ergonomiques et psycho-sociale, et en s'en inspirant, une approche centrée sur l'utilisateur et orientée sur la productivité a émergée dans les années 1980. Le plus célèbre modèle issu de cette approche est le modèle de l'acceptation de la technologie (*technology acceptance model*, TAM) proposé par Davis (1989) puis Davis et al. (1989, 1992). Le rôle de la TAM est de prédire le comportement de l'utilisateur (Legris et al., 2003) et l'intention d'utiliser un outil (i.e. l'acceptabilité). Dans ce modèle, le principal critère expliquant l'utilisation de l'outil est l'utilité perçue (*perceived usefulness*, PU) et la facilité perçue (*perceived ease-of-use*, PEOU) (Davis, 1989), deux critères fondamentaux dans l'histoire de l'étude de l'acceptation, et qui seront repris à de nombreuses reprises. Davis définit la PU comme le degré auquel une personne croit qu'un outil va améliorer sa performance lors d'une activité (*"the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance"* ; Davis, 1989) et la PEOU comme le degré auquel une personne pense qu'un outil est facile à utiliser (*"the degree to which a person believes that using a particular system would be free of effort"* ; Davis, 1989). La PEOU et la PU sont définis comme étant des constructions cognitives (ou parfois croyances cognitives) qui doivent être différenciés des construits émotionnels (l'attitude) et des construits comportementaux (les intentions d'utiliser un outil ; Park, 2009). Les travaux de Davis ont montré que la PU et la PEOU sont deux dimensions indépendantes, et que la PU possède un lien plus fort sur l'usage et l'intention d'usage, et que le critère de la PU est 50% plus influent (en terme de variance d'utilisation par les utilisateurs) que le second critère, la PEOU (Davis, 1989 ; Legris et al., 2003). La **Figure 2** propose une présentation traduite en français du modèle TAM.

Le modèle d'acceptation des technologies (Davis)

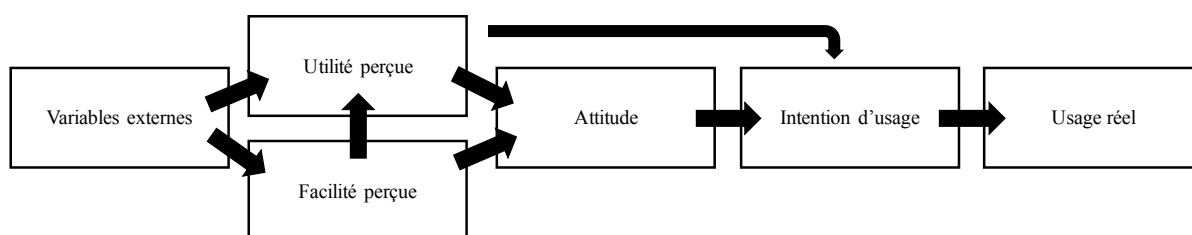


Figure 2 : Le modèle d'acceptation des technologies de Davis. Adapté et traduit à partir de Davis, Bagozzi & Warshaw (1989).

Le modèle TAM a fait l'objet d'une multitude d'études complémentaires et de revues de la littérature. Il a été démontré qu'il est précis et fiable dans une grande variété de contextes (Venkatesh et Davis, 1996, 2000), et qu'il peut expliquer par ses critères environ 30% de la variance d'utilisation par les utilisateurs, et 40% de la variance de l'intention d'utiliser un outil (Février, 2011 ; Legris et al., 2003 ; Park, 2009).

4-2 Les multiples extensions du TAM

Plusieurs extensions du modèle TAM ont ajouté des critères aux deux critères de bases PU et PEOU ; on peut notamment citer comme ajout les critères de l'influence du support, de la motivation, de la réactivité de l'outil, de la visibilité et de l'expérience de l'individu (Venkatesh & Davis, 2000). Sun et Zhang (2006) ont souligné que les évolutions et les extensions du TAM peuvent porter sur la dimension individuelle (e.g. l'attitude de l'utilisateur), la dimension technologique (e.g. la complexité, le but de l'outil et l'apprentissage avec l'outil) ou sur la dimension organisationnelle (e.g. la motivation et le contexte, i.e. le lieu où l'activité se déroule). Le modèle TAM a aussi été utilisé et modifié par beaucoup d'autres auteurs, comme par exemple Brosnan (1999), Erasmus et al. (2015), Ghazizadeh et al. (2012), Hsu et Lin (2008), Lee et al. (2005), Malhotra & Galletta (1999), Park (2009), Pituch et Lee (2006), Romdhane (2013), Vallerand (1997) et Venkatesh & Davis (2000). Venkatesh et Davis eux-mêmes, les fondateurs du modèle, ont proposé une seconde version appelée TAM2, dans laquelle ils ajoutent aux critères PU et PEOU l'influence sociale, qui est définie comme étant la norme subjective, l'image qu'aura l'utilisateur en utilisant l'outil, et le caractère volontaire de la démarche d'utiliser l'outil. Comme dans la théorie de l'action raisonnée, la norme subjective

représente donc la pression ou l'influence sociale qui pousse un utilisateur à utiliser ou rejeter une technologie (Ajzen, 1991). De plus, le modèle ajoute en tant que critère les processus instrumentaux suivants: La pertinence de la tâche, la qualité de l'*output* (ce que l'utilisateur obtient en sortie après utilisation), la démontrabilité des résultats (i.e. à quel point les résultats et les bénéfices sont apparents et tangibles), le critère de l'expérience, l'attitude de l'utilisateur, l'intention comportementale, et l'utilisation réelle du système technologique, ainsi qu'un ensemble de variables externes (individuelles ou sociales, liées au système technologique ou à l'organisation contextuelle, voir Koh et al., 2010 ; Venkatesh, 2005; Venkatesh et al., 2003). Les travaux portant sur ce modèle ont montré que la qualité de l'*output* et la démontrabilité des résultats ont un effet positif sur le critère PU (Li, 2008). On peut noter que le modèle TAM2 explique 60% de la variance d'utilisation, ce qui est une amélioration considérable par rapport à la première version du modèle (Park 2009). Au fur et à mesure de ses travaux, Davis va séparer le critère PEOU en trois *clusters* (i.e. en trois sous-critères) : l'effort physique, le stress mental et la difficulté à apprendre comment s'utilise l'outil. Parallèlement, il sépare le critère PU en trois clusters : l'efficacité de l'activité, la productivité et le gain de temps induits par l'utilisation de l'outil, et enfin l'importance de l'outil pour l'activité ciblée par l'utilisateur (Davis et al., 1992). Comme souligné dans une revue exhaustive de Legris et al. (2003) sur les modèles TAM, les résultats expérimentaux sont très nombreux, et parfois même contradictoires et incohérents. Si dans la littérature le modèle original est solide et fait l'unanimité, les chercheurs qui ont repris ce modèle pour leurs expériences n'arrivent pas à se mettre d'accord sur l'importance de chaque critère et la hiérarchie entre eux. Par exemple, d'une étude à l'autre le critère PU peut être considéré comme étant le plus influent alors que le critère PEOU n'aura aucune influence sur l'acceptation ou l'intention d'utiliser l'outil (Keil et al., 1995 ; Subramanian, 1994), alors que d'autres études suggèrent l'inverse (Chau, 1996 ; Igarria et al., 1997 ; Jackson et al., 1997 ; Legris et al., 2003 ; Lucas & Spitler, 1999). Cependant, comme cité plus haut et confirmé par King et He (2006) le modèle TAM est valide et robuste et reste un standard dans le domaine de l'acceptation, mais sa principale faiblesse restant la grande variabilité et la disparité de ses résultats.

4-3 Le modèle UTAUT

Venkatesh et al. (2003) ont essayé d'unifier les connaissances apportées par les précédents modèles sur ce sujet, et ont élaboré une théorie unifiée de l'acceptation (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*, UTAUT). Ce modèle contient de très nombreuses variables, et il se veut être une synthèse de 8 modèles de l'acceptation. Les travaux sur

l'UTAUT montrent que le modèle explique 70% de la variance de l'acceptabilité chez les utilisateurs (Venkatesh et al., 2003). La **Figure 3** présente une adaptation schématique du modèle UTAUT.

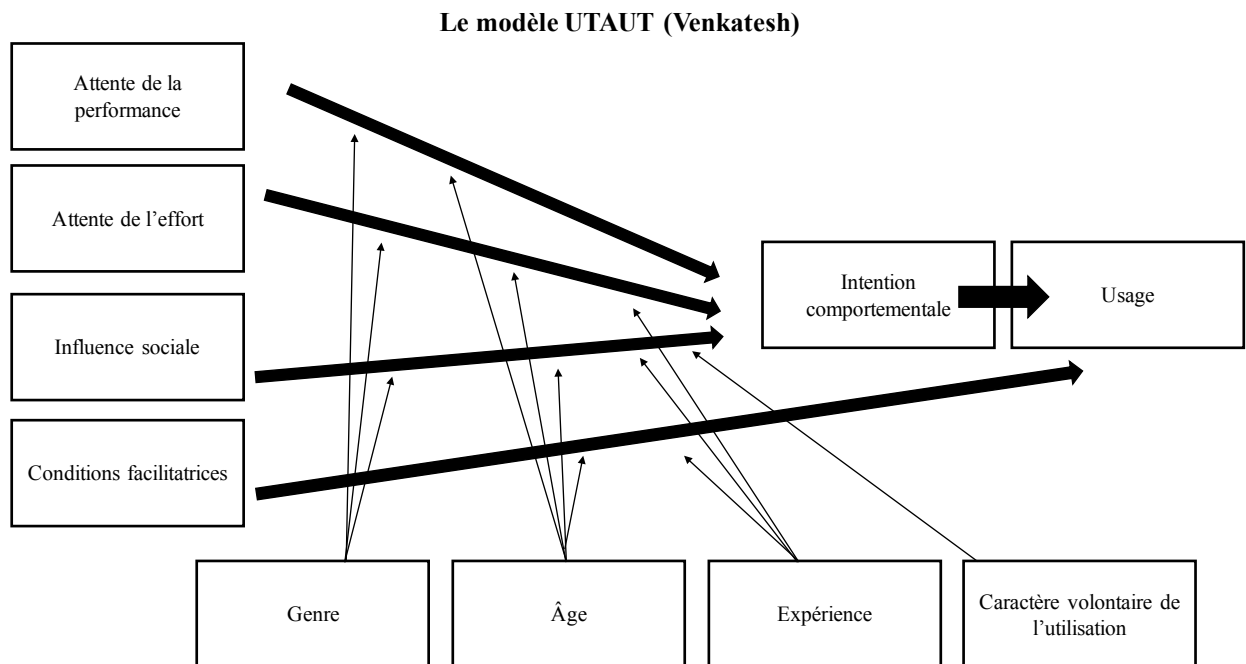


Figure 3 : Le modèle UTAUT élaboré par Venkatesh. Adapté et traduit à partir de Venkatesh, Morris, Gordon & Davis (2003).

Le modèle UTAUT possède quatre critères principaux : l'anticipation de la performance par l'utilisateur, l'anticipation de l'effort, l'influence sociale et les conditions facilitatrices, avec également quatre modérateurs supplémentaires (le genre, l'âge, l'expérience et le caractère volontaire de l'utilisation de l'outil). Théoriquement parlant, les huit modèles inclus par UTAUT et dont il emprunte les variables sont les suivants : La théorie de l'action raisonnée, le modèle motivationnel, la théorie de la planification comportementale, le modèle d'utilisation PC, la théorie de l'innovation et de la diffusion, la théorie de la cognition sociale et un modèle combinant le TAM et la théorie de la planification comportementale (Li, 2008). Sans remettre en cause le postulat selon lequel PU est le meilleur déterminant de l'utilisation (fait observé notamment dans TAM 1 ; Davis, 1989), les auteurs ont créé le modèle UTAUT pour identifier les antécédents des critères PEOU et PU (Venkatesh & Davis, 1996). Ils concluent que les critères suivants sont les plus importants : l'anticipation de la performance par l'utilisateur, l'influence sociale et l'anticipation de l'effort (Venkatesh et al., 2003). Le modèle UTAUT a également subi des évolutions (Taherdoost, 2018), on peut notamment mentionner le modèle

C-UTAUT (*Compatibility UTAUT*), dans lequel Bouten (2008) ajoute la compatibilité des croyances de l'utilisateur comme critère principal, un critère emprunté à Karahanna et Agarwal (2006).

4-4 Le modèle P3

D'autres modèles (Dillon et Morris, 1996 ; Nielsen, 1994 ; Triandis, 1980) sont basés sur l'approche orienté sur la productivité. Le modèle P3 de Dillon et Morris (1996) oppose l'utilité réelle à l'utilité perçue par l'utilisateur, différenciant ainsi la perception et les jugements des faits des utilisations pratiques et réelles. Le modèle P3 se base sur le fait que pendant l'utilisation, l'utilisateur reçoit des feedbacks qui vont venir modifier les jugements. (Dillon & Morris, 1996). Dans ce modèle P3, les déterminants de l'acceptabilité sont principalement le pouvoir (i.e. l'utilité de l'objet), la perception (i.e. l'évaluation de l'outil par les utilisateur) et la performance (i.e. l'utilisabilité). La **Figure 4** présente le modèle P3.

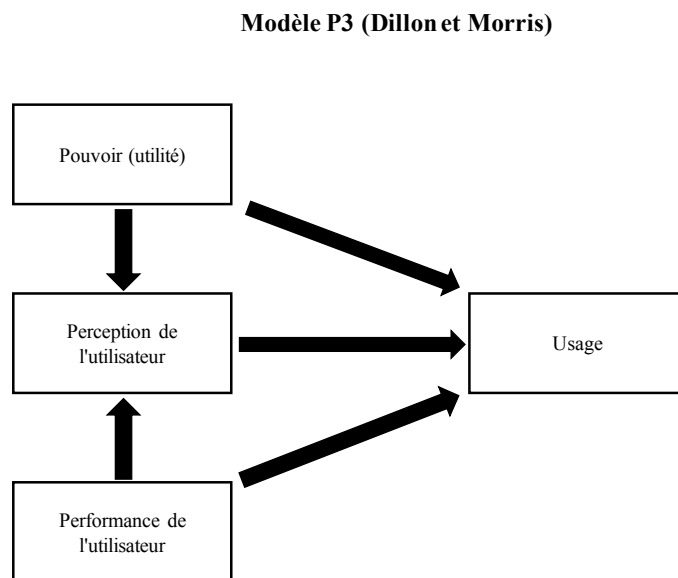


Figure 4 : Le modèle P3 de Dillon et Morris. Adapté et traduit à partir de Dillon & Morris (1999).

4-5 Le modèle de Nielsen

Dans un autre modèle, Nielsen (1992 ; 1993 ; 1994) construit deux dimensions théoriques opposées : l'acceptabilité sociale qui renvoie aux aspects psycho-sociologiques de l'utilisation d'outil (contenant par exemple les critères du contexte, des normes sociales, de la

personnalité et de l'expérience) et l'acceptabilité pratique qui renvoie aux aspects techniques (contenant par exemple les critères de la confiance en l'outil, du coût, de la compatibilité et de l'utilité théorique, elle-même composée de l'utilité pratique (i.e. la réalisation du but) et de l'utilisabilité) (Février 2011; Nielsen 1994). A l'inverse des modèles prédictifs comme le TAM, le modèle de Nielsen se veut évaluateur plutôt que prédictif (Château 2015). La **Figure 5** présente le modèle de l'acceptabilité et sa décomposition.

Le modèle de l'acceptabilité (Nielsen)

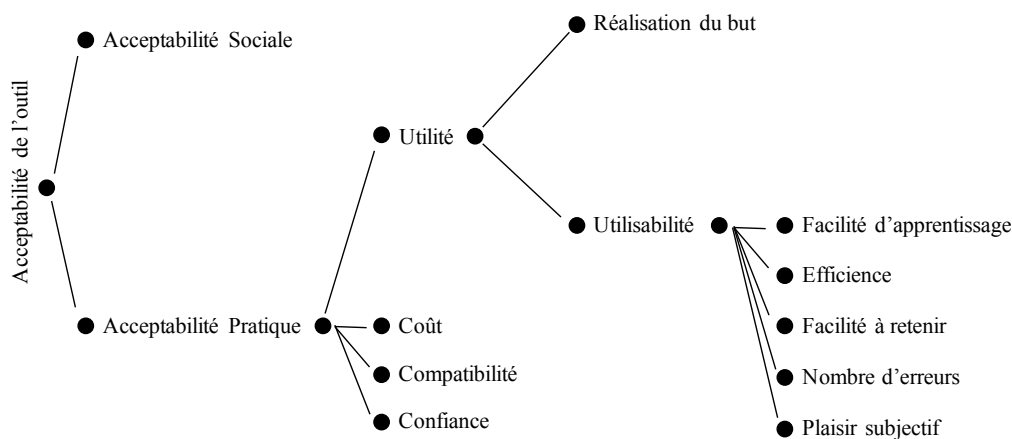


Figure 5 : La décomposition de l'acceptabilité selon Nielsen. Adapté et traduit à partir de Nielsen (1994).

4-6 Les modèles TIB et TCBP

Une autre théorie importante de cette approche est la théorie des comportements interpersonnels (*Theory of Interpersonal Behaviour*, TIB) de Triandis (1977), qui explique l'acceptation et l'acceptabilité avec les critères de l'habitude, du contexte, des affects, et des conditions facilitatrices (Triandis, 1980). Plus précisément, Triandis distingue les composants cognitifs (i.e. les croyances à propos de l'outil) des composants affectifs (i.e. les sentiments et les attitudes de l'utilisateur) (Li 2008 ; Thompson et al. 1991). Enfin, la théorie du paradigme coût-bénéfice (*Theory of Cost-Benefit Paradigm*, TCBP ; Beach & Mitchell, 1978 ; Johnson & Payne, 1985 ; Payne et al., 1993) défend l'idée que le résultat de nos interactions avec un outil et le jugement final que porte l'utilisateur seraient une évaluation du coût comparé aux bénéfices : si le gain est plus grand que l'effort, alors l'acceptation aura plus de chance d'être positive. La qualité du résultats et l'effort cognitif ou physique sont alors les deux critères

principaux entrant en compétition dans l'acceptation d'un outil. Les théories et modèles appartenant à l'approche orientée sur la productivité sont fondamentales, parce qu'elles ont principalement su apporter les notions d'équilibre entre gain et coût (ou entre utilité et facilité selon les modèles et auteurs) dans le processus d'acceptation de l'outil. Cependant, ces modèles ont souvent fait l'objet de critique par les autres courants, notamment parce qu'ils sont souvent très déterministes, puisque l'utilisateur est considéré comme un décideur rationnel, qui ferait un calcul savant entre différents critères pour adopter ou non une technologie. Comme nous allons le voir dans la partie suivante, d'autres modèles ont envisagé l'approche de l'acceptation en mettant plus d'importance sur la vie intérieure de l'utilisateur, et notamment l'influence du jugement subjectif et des émotions dans l'utilisation d'outils.

5-L'approche hédonique

5-1 La satisfaction

Dans la littérature, la satisfaction est un souvent mentionné comme un déterminant important de l'utilisation d'outil. Bailey et Pearson (1983) et Cyert et March (1963), les précurseurs dans ce domaine, ont implémenté des questionnaires pour évaluer la satisfaction des utilisateurs. Cette approche est basée sur l'idée que l'acceptation d'un outil est atteignable si et seulement si l'utilisateur est satisfait avec l'outil (Dahab, 2001). On retrouve également le critère de la satisfaction sous d'autres noms, comme *funology* ou le plaisir d'utilisation (*joy of use* ; Davis et al., 1992 ; Hassenzahl et al., 2000). Pour Romdhane (2013), la satisfaction dans la littérature est définie comme une expérience positive lors d'une interaction avec un outil ou une technologie. Théoriquement parlant, c'est une véritable rupture avec les modèles précédents : Comme le souligne Van Der Heijden (2004) on peut désormais distinguer les approches orientées sur la productivité (i.e. utilitariste) versus les approches orientées sur le plaisir (i.e. hédonique). On suppose dans les approches hédoniques que plus de plaisir pour l'utilisateur amènera à une meilleure productivité et ipso facto à un plus long usage. Dans ces modèles, la différence fondamentale avec les modèles inspirés du TAM exposés précédemment est que le plaisir perçu (*perceived enjoyment*) et la facilité perçue (PEOU) sont des déterminants plus importants que l'utilité perçue (PU). Le modèle *Information Systems Success* (ISS) de DeLone et McLean (1992) définit la satisfaction comme un résultat potentiel de l'utilisation d'outil, en se basant sur le fait que les utilisateurs les plus fréquents sont les plus satisfaits.

Concept originellement proposé par Doll et Torkzadeh (1988), DeLone et McLean (1992) ont ajouté le critère de la qualité du système et de la qualité de l'information en tant que déterminants de la satisfaction. Ils insistent également sur l'importance du contexte d'utilisation. On peut noter que dans la version mise à jour de leur modèle, ils rajoutent les critères de qualité du service, et des bénéfices pour l'utilisateur (DeLone et McLean 2003).

5-2 Le modèle de non-confirmation des attentes

Un autre modèle fondamental de l'approche hédonique est le modèle de non-confirmation des attentes (*expectation confirmation theory*, ou parfois *disconfirmation theory*), Oliver (1980, 1981) défend l'idée que c'est la confirmation des attentes que l'utilisateur a de l'outil qui détermine l'acceptation et l'usage continu avec l'outil. En d'autres mots, c'est le gap qu'il existe entre les attentes de l'utilisateur et son expérience réelle qui sera un déterminant de l'acceptation ; un écart réduit signifiera que les buts ont été atteints et que l'utilisateur est satisfait, à l'inverse s'il existe un écart important entre attente et expérience, cela amènera une insatisfaction et une mauvaise acceptation de l'outil. Des travaux ont montré que la confirmation des attentes est un critère qui favorise la satisfaction, l'acceptation et l'usage continu (Bhattacharjee, 2001 ; Bhattacharjee & Premkumar, 2004 ; Lankton & Harrison McKnight, 2014). La **Figure 6** présente une représentation schématique du modèle d'Oliver.

Théorie de la disconfirmation des attentes et de la satisfaction (Oliver)

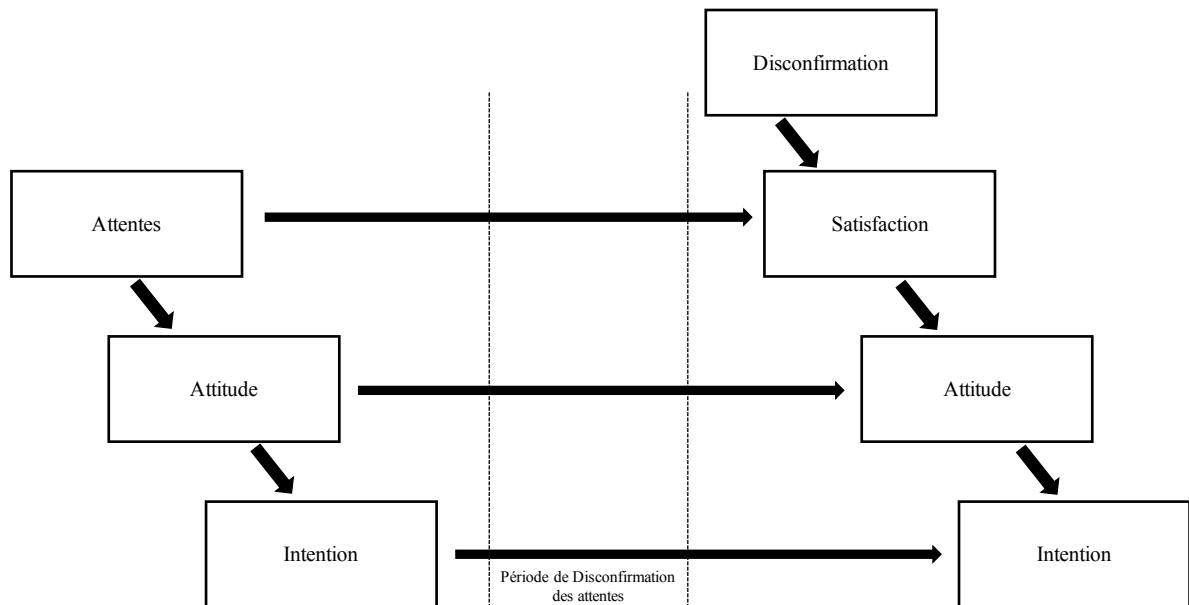


Figure 6 : Le modèle de disconfirmation des attentes d'Oliver. Adapté et traduit à partir d'Oliver (1980).

Wixom et Todd (2005) ont mixé le modèle de la satisfaction avec les modèles TAM issus de l'approche orientés sur la productivité, et proposent comme critères de l'acceptation la qualité de l'information (composé de la complétude (*completeness*), de l'exactitude, du format et de l'adéquation de l'outil), de la qualité du système (composé de la fiabilité, de la souplesse, de l'intégration, de l'accessibilité et de la rapidité), de la satisfaction de l'information, de la satisfaction du système, de l'utilité, de la facilité, de l'attitude et de l'intention. Ce modèle explique 59% de la variance de l'intention d'utiliser l'outil. La littérature inclus beaucoup d'études et d'informations sur les modèles de la satisfaction et l'influence du critère de la satisfaction ou du plaisir, voir à ce sujet pour plus d'informations Lankton et Harrison McKnight (2014), Lindgaard et Dudek (2003), Rai et al. (2002), Seddon (1997) et Van Der Heijden (2004).

5-3 Le concept du flow

Enfin, un dernier concept appartenant à l'approche hédonique est le concept de *flow*, proposé initialement par Csikszentmihalyi (1990), défini comme un état de concentration extrême. Être dans un état de flow signifie être intensément impliqué dans une tâche, cet état étant relié à la satisfaction générale de l'utilisateur. Finneran et Zhang (2003) définissent le flow comme une expérience composée des critères suivants : la concentration, la perte de

conscience de soi, la distorsion du temps et la téléprésence. L'expérience de flow a une influence significative puisqu'il représente le degré d'investissement dans une tâche (Van Schaik et Ling 2012). Selon Heutte et Fenouillet (2010), l'état de flow a quatre dimensions : l'absorption cognitive, l'altération de la perception du temps, le manque de préoccupation de soi et le bien-être de l'utilisateur. L'état de flow est un critère pour l'acceptation de l'outil en tant qu'expérience positive et satisfaisante pour l'utilisateur, qui le pousse à continuer son utilisation d'outil. Les bénéfices du flow ont été montrés par beaucoup d'auteurs, comme Finneran et Zhang (2003), Ghani (1991), Ghani et Deshpande (1994) et Trevino et Webster (1992).

Enfin, le critère de la satisfaction a souvent été utilisé en tant que critère dans des modèles qui n'appartiennent pas spécifiquement à l'approche hédonique. Par exemple, on peut citer le modèle d'Igbaria, selon lequel des motivateurs extrinsèques (l'utilité perçue) et intrinsèques (le *fun* perçu) vont influencer l'acceptation ou le rejet (Igbaria, Schiffman & Wieckowski, 1994 ; Taherdoost, 2018). Les modèles issus de l'approche hédonique sont fondamentaux puisqu'ils apportent le critère essentiel du ressenti de l'utilisateur ; ces théories auront une grande influence notamment sur la conception moderne de l'expérience-utilisateur, présentés dans la partie suivante.

6-L'approche expérience-utilisateur (UX)

6-1 La rupture théorique de l'UX

Une autre discipline de la littérature, historiquement la plus récente, s'est intéressée aux questions d'acceptation et d'acceptabilité, c'est celle liée à l'expérience-utilisateur (UX). Le courant de l'UX met l'accent sur l'importance de la situation en lien avec l'usage, du contexte et enfin de l'expérience vue en tant qu'unité holistique (i.e. qui n'est pas décomposable mais forme un tout pour l'utilisateur). Ce cadre théorique est un peu une approche composite puisqu'elle a utilisé des critères provenant de tous les précédents cadres théoriques, rendant parfois difficiles la classification des modèles issus de l'UX. C'est cependant une véritable approche à part entière puisqu'elle présente une rupture avec les cadres théoriques précédents. Historiquement, ce sont ces deux ruptures théoriques qui s'effectuent : D'abord, l'acceptation est considérée comme évoluant dans un contexte donné (par exemple un contexte professionnel, voir Docq et Daele 2001), par conséquent l'utilisation d'outil s'effectue dans une action située. Cette information est importante, parce qu'à partir de là, un outil est toujours considéré dans un

contexte d'usage réel ou d'implémentation, chaque contexte pouvant amener à une utilisation différente, et ipso facto un usage n'est jamais acquis mais varie selon les individus et les situations (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009). L'importance du contexte et de l'environnement avait déjà été mis en lumière dans d'autres disciplines, notamment en psychologie et en biologie, en particulier avec le concept d'affordance (i.e. l'idée selon laquelle notre cognition est contextualisée en relation à l'environnement, avec un ensemble d'action possible sur un outil dans l'environnement ; Gibson, 1979) et le concept d'énaction de Varela et al. (1993), i.e. l'idée de connexion structurelle avec l'environnement parce que notre cognition est incarnée, en interaction avec l'environnement, et que l'expérience est une structure dynamique inséparable du monde extérieur. Ensuite, c'est la seconde rupture théorique, beaucoup d'auteurs emploient désormais le terme d'expérience utilisateur (*user experience*, UX) ou encore d'interaction homme-machine (Brangier et al., 2009). L'idée générale du courant UX est de considérer à la fois l'expérience et la dynamique de l'interaction, avec l'idée que cette dynamique dans l'expérience utilisateur pourra socialement influencer l'utilisateur (Brangier et al., 2010). Morville (2004) donne les critères suivants comme appartenant à l'UX : l'utilité, l'utilisabilité, la valeur de l'objet, sa désirabilité, le lieu où il se trouve (contexte), sa crédibilité et son accessibilité. Les modèles de l'expérience-utilisateur sont basés sur l'évaluation et le jugement de l'expérience par l'utilisateur, avec une approche holistique (i.e. considérer l'expérience de l'outil comme un tout unique). Dans cette approche, l'interaction et le succès de l'interaction sont expliqués et déterminés par l'opinion finale de l'utilisateur, qui inclut un ensemble de critères, plutôt qu'un mécanisme d'acceptation unique comme dans les modèles précédents.

6-2 Le modèle d'Hassenzahl

Dans son modèle de l'expérience-utilisateur, Hassenzahl fait la distinction entre la perspective de l'utilisateur et la perspective du designer, l'UX étant inséparable de ces deux acteurs. En plus des critères conventionnels (e.g. efficacité, sécurité), les critères de l'acceptation sont des qualités pragmatiques (orientées sur la productivité, et associées à la manipulation du système) et des qualités hédoniques (associées à la résonance qu'aura l'utilisation d'outil chez le sujet, i.e. l'évocation de l'outil, la stimulation et l'identification ; Hassenzahl et al., 2000) En plus de ces critères, certains autres critères sont associés à l'outil : le contenu, la présentation, la fonctionnalité et l'interaction. La **Figure 7** présente le modèle de Hassenzahl.

Modèle de l'Expérience Utilisateur (Hassenzahl)

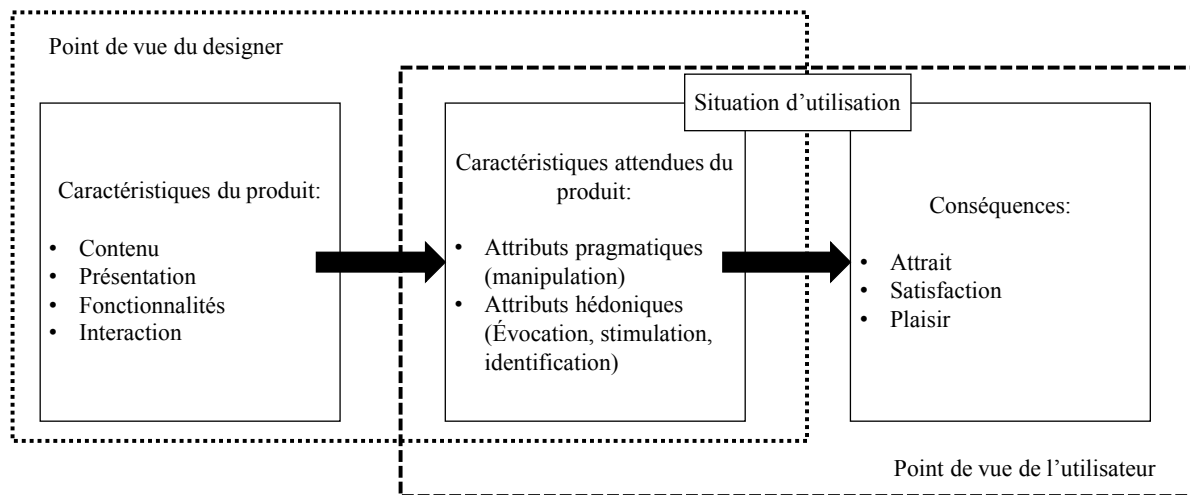


Figure 7 : Le modèle de l'expérience utilisateur de Hassenzahl du point de vue de l'utilisateur et du designer, adapté et traduit à partir de Hassenzahl (2003).

6-3 Le modèle de Thüring et Mahlke

Un autre célèbre modèle de l'UX est le modèle CUE de Thüring et Mahlke (Mahlke, 2008 ; Mahlke & Thüring, 2007). Dans ce modèle, il y a trois *clusters* de critère (i.e. groupe de critères) : la perception des qualités instrumentales (i.e. la qualité pragmatique et l'utilité du contenu), les réactions émotionnelles (i.e. l'affect positif et l'affect négatif) et la perception des qualités non-instrumentales (i.e. la qualité hédonique et la satisfaction perçue). Comme dans le modèle de Hassenzahl il y a une distinction qui est faite entre les critères hédoniques (appelées ici qualités non instrumentales) et les critères orientés vers la production (appelées chez Mahlke et Thüring les qualités instrumentales). Ces critères poussent, selon le modèle, à une évaluation générale de l'expérience par l'utilisateur, laquelle évaluation amènera à une intention comportementale d'utiliser l'outil ou non. En plus de ces composants de l'acceptation, le modèle prend en compte tout un ensemble d'interactions et de variables secondaires, telles que les caractéristiques de l'utilisateur (la motivation intrinsèque et les besoins cognitifs), les caractéristiques de la tâche (le contexte d'usage), et les caractéristiques perçues de l'outil (l'esthétique perçue, le design de l'interface, l'orientation de l'outil, l'adéquation de l'information et l'accessibilité). La **Figure 8** présente le modèle de Thüring et Mahlke.

Modèle CUE (Thüring & Mahlke)

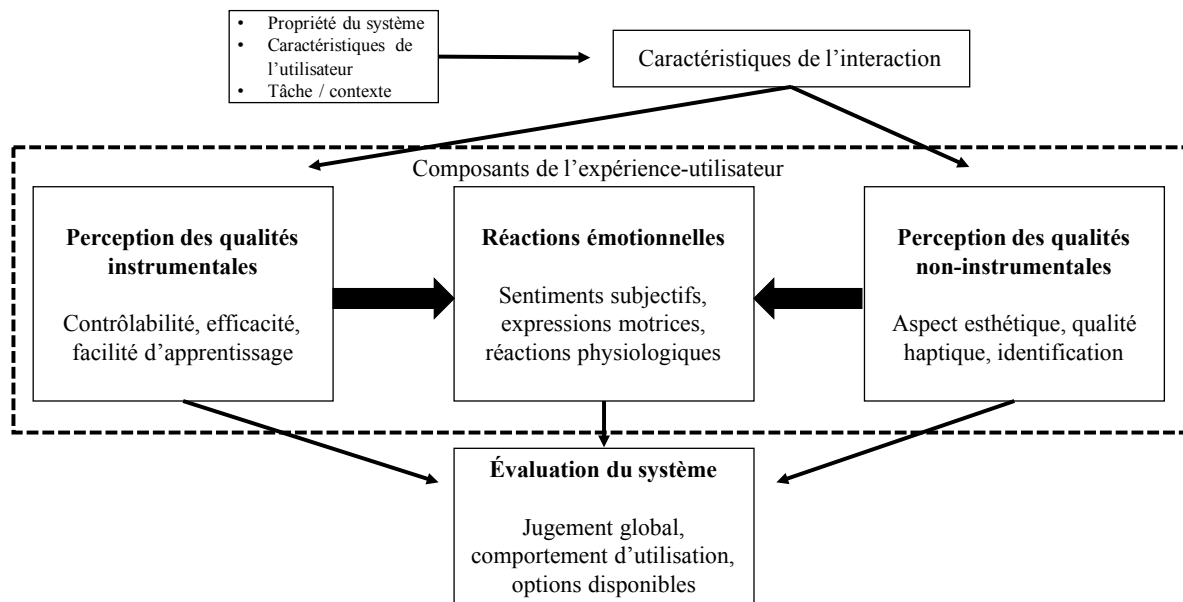


Figure 8 : Le modèle CUE de Thüring et Mahlke, adapté et traduit à partir de Thüring & Mahlke (2007).

6-4 La symbiose

Un autre concept fondamental de l'approche UX est la symbiose. Licklider (1960) ne fait théoriquement pas partie de l'approche UX puisqu'elle n'existait pas encore à l'époque, mais ce fut le premier à évoquer le concept de symbiose, qui signifie, de manière simpliste, une co-évolution. La symbiose est "l'hybridation entre l'humain et la technologie, aussi appelé symbiose, néo-symbiose ou technosymbiose" (Brangier & Hammes-Adelé, 2011). Pour Brangier et Hammes-Adelé (2011), la symbiose entre l'outil et l'utilisateur est définie par (1) une co-extension (i.e. un transfert de l'information), (2) une co-évolution (i.e. une amélioration voire une compétition entre les deux parties), (3) une co-action (i.e. un feedback continu entre l'utilisateur et l'outil) et 4) une co-dépendance (entre l'utilisateur et l'outil). L'outil, l'utilisateur et leur interaction doivent posséder ces quatre critères pour être en symbiose. Brangier et al. (2009) donnent des exemples de critères ergonomiques impliqués dans la relation symbiotique utilisateur-outil. La principale contribution de ce modèle, pour les questions d'acceptation, est le fait que l'outil qui sera préféré est celui qui améliorent le plus nos capacités (Licklider 1960), celui qui amplifie notre cognition et améliore l'assistance à l'humain (Brangier et al. 2010). Pour résumer, plus un outil rend compétent, plus cela augmente les chances de rendre la relation avec l'utilisateur symbiotique, et par conséquent meilleure l'acceptation sera par la suite.

6-5 La multidimensionnalité de l'UX

Enfin, on peut souligner le fait que la distinction entre les modèles de l'expérience-utilisateur et les modèles de l'acceptation classiques présentés dans les parties précédentes n'est parfois pas si claire que ça, et les différences théoriques avec d'autres courants sont souvent bien minces. Par exemple, l'importance de l'environnement, la dimension dynamique de l'acceptation, la co-évolution de l'outil et des individus sont des notions qui ont également été soulevés par les modèles de l'acceptation. Cependant, cela ne veut pas dire que l'approche UX est vaine : Alors que certains chercheurs comme Van Schaik et Ling (2012) emploient le terme de l'expérience d'interaction, d'autres comme Barcenilla et Bastien (2009) décrivent l'expérience de l'utilisateurs comme étant éparpillée, multidimensionnelle, et difficile à intégrer dans son ensemble. Proulx (2002) évoque lui les termes de trajectoires d'adoption et de trajectoire d'usage. En clair, derrière les luttes théoriques et partisans, l'idée importante qui a su s'imposer avec l'approche de l'expérience utilisateur est que l'adoption d'outil est un phénomène complexe, expérientiel, dynamique, émotionnel et multidimensionnel, et il représente un véritable tournant théorique et historique ces dernières années.

7-La théorie de la décision

7-1 La maximisation du gain

La théorie de la décision (*Theory of Decision-making*) qui provient du domaine des mathématiques appliquées peut également apporter des informations concernant l'acceptation de l'outil, au niveau des choix de l'utilisateurs et des stratégies qu'il utilise pour prendre une décision (Montmain et al., 2005), dans notre cas sélectionner un outil et adopter un usage continu. Comme dans les modèles issus de l'approche orientée sur la productivité, les modèles du raisonnement déductifs sont basés sur le principe de la maximisation du gain : Les utilisateurs préfèrent choisir la solution la moins risquée (Baratgin, 2002). La théorie bayésienne du raisonnement est également une théorie de référence (Cozic, 2005), dans laquelle la décision est sélectionnée selon le critère de l'utilité attendue (Cozic, 2005) ; la prise de décision est alors basée sur le principe de probabilité des états naturels. Une probabilité est ainsi associée à chaque option, et l'individu qui utilise l'outil va choisir la meilleure option, i.e. l'outil qui possède la plus haute probabilité de maximiser son gain. Aussi, Espinasse (2009) insiste sur les besoins d'étudier la rationalité de l'utilisateur qui prend une décision. Par exemple, la

transitivité qui est une relation mathématique généralement admise dans les théories bayésiennes et les modèles théoriques de l'utilité n'est pas nécessairement valide en pratique lors d'une utilisation d'outil. Par exemple, si un individu préfère l'outil A à l'outil B, et l'outil B à l'outil C, cela n'implique pas que ce même individu va préférer l'outil A à l'outil C (Tsoukias, 2006; Tversky, 1969). Les utilisateurs et les décisionnaires ne sont pas forcément des sujets rationnels et logiques (Tversky, 1969), et ce constat augmente la difficulté de compréhension et de modélisation du comportement de l'utilisation d'outil. Aussi, durant les années 1960, il a été démontré que plusieurs critères de décision peuvent entrer en compétition (Tsoukias, 2006), et que la prise de décision n'est pas uniquement un raisonnement en terme de gain.

7-2 Individu et groupe

Un autre point de vue qui peut être intéressant pour le problème de l'acceptation est celui des différences entre les décisions collectives et individuelles. Il existe en effet des décisions collectives que tout le monde prend, mais parallèlement certains individus vont prendre le parti de ne pas suivre la majorité et de décider en parfaite autonomie, sans prendre en compte les choix du groupe. Montmain et al. (2005) ont mis en lumière l'existence de différences individuelles en termes d'heuristique, dû en partie à l'existence de biais cognitifs et psychologiques qui varient selon les individus ou selon la personnalité des sujets. Par exemple, certains individus peuvent être intuitifs, alors que d'autres seront plus rationnels. Plusieurs résultats sur la théorie de la décision appliquée au groupe, notamment les travaux de Rockenbach et al. (2007), ont montré qu'un groupe est plus efficace pour prendre une décision qu'un individu seul, parce qu'il peut accumuler plus de gains attendu à des niveaux de risques plus faibles. Enfin, Baker et al. (2008) et Shupp et Williams (2008) ont montré que les groupes d'individus sont plus à même d'éviter les situations à gains faibles.

Si les théories de la décision en mathématiques ont apporté des propositions de critères de l'acceptation de l'outil, elles ont également montré l'influence de la fonction cognitive qu'est la prise de décision dans l'utilisation d'outils cognitifs, que nous expliquerons plus en détails dans la seconde partie théorique dédiée aux outils cognitifs.

8-Critères indépendants

D'autres chercheurs ont proposé des critères de l'acceptation ou de l'acceptabilité, de manière plus indépendante, sans nécessairement appartenir à un modèle particulier ou une approche théorique. On peut notamment mentionner les critères suivants : l'esthétisme (Bonnardel et al., 2011 ; Tractinsky, 1997), le design émotionnel (Norman, 2004), la confiance en l'outil, qui prédit l'acceptabilité et l'intention d'utiliser l'outil (Biassoni et al., 2016 ; Kazi et al., 2007 ; Lankton & Harrison McKnight, 2014 ; Sætren & Laumann, 2015). Le profil de l'utilisateur (e.g. l'âge, l'éducation, le genre, les caractéristiques personnelles, l'expérience ou les compétences cognitives) est également un critère souvent mentionné dans l'utilisation d'outil (Agarwal & Prasad, 1999 ; Beier & Ackerman, 2005 ; Compeau & al., 1999 ; Czaja & al., 2006 ; Freudenthal & Mook, 2003 ; Gefen & Straub, 1997 ; Johnson & Kent, 2007 ; King & He, 2006 ; Mathieu & Zajac, 1990 ; Meyer & Allen, 1984 ; Umemuro, 2004 ; Venkatesh & Morris, 2000). L'attitude de l'utilisateur est également un critère très présent dans la littérature (Al-Gahtani et King, 1999 ; Blackwell, Lauricella & Wartella, 2014 ; Czaja et al., 2006 ; Pommeranz et al., 2012 ; Selim, 2007). L'intervention d'un tiers peut également être un critère de l'acceptation. Gefen et Keil (1998) défendent l'idée que le management et les managers vont influencer les critères de l'utilité perçue et de la facilité perçue dans l'acceptation. Amoako-Gyampah et Salam (2004) ajoutent aussi le critère de l'intervention managériale comme influençant l'utilisation d'outil. Thong, Hong et Tam (2002) montreront que le contexte organisationnel influence l'utilité et la facilité. De manière plus générale, Emery (1995) montre que l'entreprise en tant que système technique et système social est un facteur essentiel, et que la manière de s'organiser (i.e. l'intelligence collective) en prenant en compte ces deux dimensions est un critère qui influencera l'acceptation des technologies. Enfin, on peut également mentionner les critères de la charge cognitive, mentionné par Debué et al. (2013), et la qualité de l'information (i.e. son contenu et sa complexité pour l'utilisateur) (Biassoni et al., 2016; Swanson, 1982).

9-Temporalité et dynamisme

9-1 L'évolution de la question de la temporalité

Une question émergente dans le domaine de l'acceptation et de l'utilisation d'outil est celle de l'influence de la temporalité dans l'acceptation, à savoir l'évolution des caractéristiques de l'outil et de leurs influences sur l'utilisateur dans le temps. Cette question mérite d'être traitée

comme un approche historique à part entière, puisque depuis quelques années le critère de la temporalité est un aspect de l'acceptation qui est de plus en plus traité de manière indépendante. Globalement, quand on étudie la littérature sur la dimension dynamique de l'utilisation d'outil dans le temps, on constate qu'il existe trois courants traitant chacun la question de la temporalité de manière différente. Le premier courant représente les chercheurs qui ne prennent pas en compte ces concepts dans leurs expériences, et cela représente la majorité des études et des chercheurs. En effet, Hornbaek (2006) montre que 7% seulement des études se basent sur interaction de plus de cinq heures, et qu'en moyenne les sujets sont en interaction avec l'outil pendant trente minutes seulement en moyenne. On peut donc constater qu'on manque d'information sur la thématique de la temporalité, qui est une question souvent négligée (Karapanos, 2009). Un deuxième courant considère la temporalité, mais cette fois-ci pour la relier ou l'identifier à d'autres critères comme l'expérience ou le nombre d'erreur, et dans lequel notre relation à l'outil va évoluer dans le temps mais sous la forme d'un apprentissage. Par exemple, Dillon et Song (1990) montrent qu'un expert performe plus vite ; Mendoza et Novick (2005) montrent qu'avec le temps la frustration baisse et les causes de frustrations changent ; Sporka, Kurniawan, Mahmud et Slavik (2007) soulignent que la performance, la satisfaction et la confiance augmentent avec le temps. Enfin, un troisième courant théorique, minoritaire mais qui s'impose de plus en plus, considère la temporalité cette fois ci en tant que critère de l'acceptation, et en l'intégrant à un modèle qui lui est dédié.

9-2 *Le modèle de Karapanos*

Un modèle de référence est celui de Karapanos (2009 ; 2010), et c'est le premier modèle à prendre la temporalité en compte, même si l'importance de la temporalité avait déjà été souligné avant (Forlizzi & Battarbee, 2004 ; Hassenzahl & Tractinsky, 2006). Travaillant sur l'acceptation des téléphones portables en tant qu'outils, et souhaitant montrer une différence entre expérience initiale et expérience prolongée, Karapanos (2009) propose une étude longitudinale qui se déroule sur cinq semaines. Les sujets sont évalués avec la méthode DRM (*Day Reconstruction Method*), avec laquelle ils doivent reconstruire leur expérience de la journée avec l'outil, et répondre à un questionnaire. Parallèlement à cela, Karapanos mesure les expériences reportées comme étant positives ou négatives selon plusieurs critères (e.g. *learnability, stimulation, usability, usefulness*, etc.). Karapanos (2009 ; 2010) montre qu'une utilisation prolongée est principalement motivée par des expériences positives initiales, mais que la perception et l'importance des critères pour l'utilisateur changent avec le temps. De manière générale, ils montrent que l'acceptation initiale est influencée par les qualités

pragmatiques (simplicité puis utilité, qui sont des critères appartenant à la catégorie *goodness*, *goal-oriented* dans le modèle), et qu'après quatre semaines les critères de jugements de beauté et d'identification sociale (*beauty*, *pleasure-oriented*) influencent le plus les sujets. Comme le montre la **Figure 9**, l'acceptation se fait en trois phase après l'anticipation (i.e. l'acceptabilité) : l'orientation, l'incorporation et l'identification.

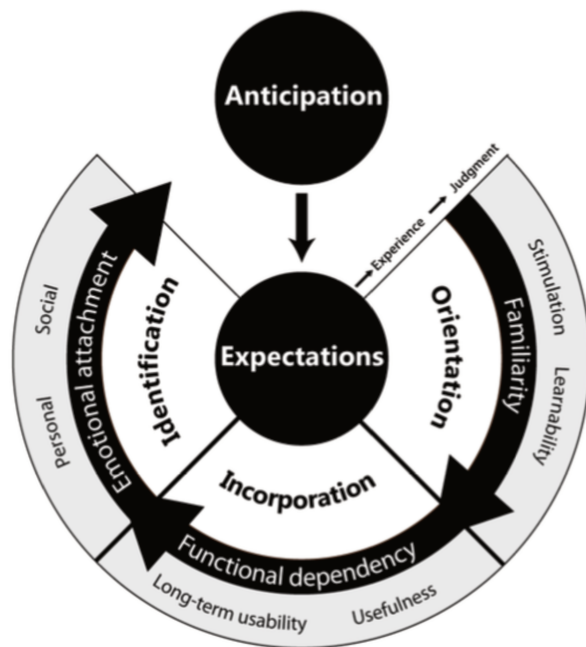


Figure 9 : La temporalité de l'expérience selon Karapanos, figure issue de Karapanos (2009).

Pour conclure, Karapanos (2009) montre qu'il existe un changement de primauté dans les critères qui définissent l'adoption, et la temporalité est la cause de ce changement. Nous pouvons malgré tout nuancer les résultats de Karapanos, puisque Sonderegger, Zbinden, Uebelbacher et Sauer (2012) montrent des résultats différents ; en reprenant le même modèle mais cette fois ci avec plus de participants, l'influence de l'esthétique disparaît. Ils montrent que les caractéristiques saillantes (l'esthétique de l'objet) perdent de leur importance avec le temps, alors que les caractéristiques les moins visibles (comme l'utilisabilité) prennent de l'importance au fur et à mesure que le temps passe. Pour conclure, s'il n'y a pas de consensus sur la primauté d'un critère par rapport à un autre, la littérature montre que la temporalité est une dimension à prendre en compte, et que l'acceptation pourrait être divisée en phase temporelle et soumise à l'évolution.

10-Conclusion sur les modèles de l'acceptation

Pour conclure, nous avons pu voir qu'il existe une quantité de modèles et de critères de l'acceptation. La **Figure 10** présente un résumé des principales approches de la littérature portant sur la question de l'acceptabilité et de l'acceptation.

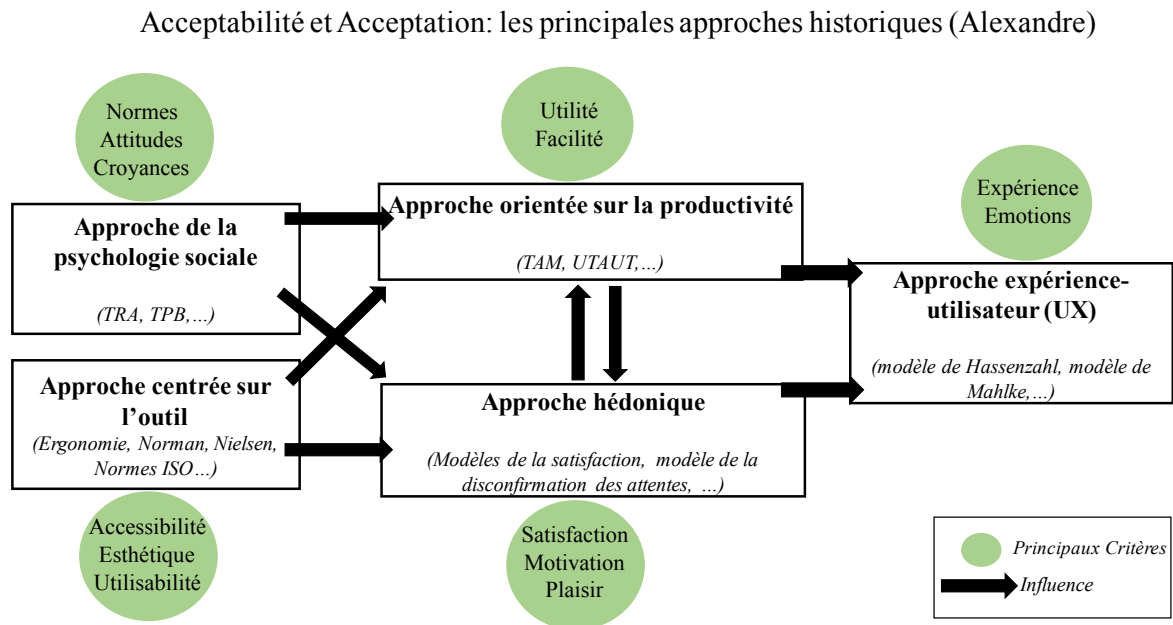


Figure 10 : Les principales approches historiques de l'acceptation. Adapté et traduit à partir de Alexandre, Reynaud, Osiurak & Navarro (2018).

Nous avons pu constater que les modèles de l'acceptabilité et de l'acceptation issues des différentes approches historiques ont su apporter un grand nombre de critères supposés de l'acceptation. Les modèles ont cependant le défaut d'adopter souvent un point de vue assez déterministe, où l'utilisateur est vu comme un sujet (social ou non, suivant le modèle) rationnel. Or, nos stratégies et nos choix peuvent varier selon une quantité de variables, et avec le temps on remarque que la littérature s'intéresse de plus en plus à cette notion de variabilité entre les utilisateurs. C'est positif, mais ça a également eu un aspect négatif, à savoir une quantité énorme de critères, des modèles théoriques illisibles qui partent parfois dans diverses directions, quitte à s'éloigner du sujet initial. Nous le verrons à travers notre premier article dans la partie expérimentale, il est sûrement nécessaire de se recentrer sur un petit nombre de critère, afin de mieux comprendre le comportement général de l'utilisateur, quitte à perdre un peu de compréhension dans la variabilité entre les sujets. Nous reviendrons également plus en détail sur une critique du traitement et de l'évolution de la question de l'acceptation dans la littérature

dans la partie discussion, en fin de manuscrit. Durant nos travaux expérimentaux, nous avons fait le choix méthodologique de ne pas étudier la question de l'acceptation en utilisant un modèle particulier, mais plutôt en prenant en compte un certains nombres de critères (e.g. la facilité, l'utilité et l'esthétique) et de concepts clefs (e.g. la méta-représentation, la temporalité, le contexte, l'utilisation réelle) issus de l'ensemble des modèles de la littérature.

Parallèlement aux critères de l'acceptation exposés dans la littérature, un certain nombre de travaux ont portés sur l'influence des fonctions cognitives sur l'utilisation d'outil, et sur le lien entre cognition, utilisation et acceptation d'outils, notamment dans le cas des outils cognitifs, i.e. des outils qui améliorent notre cognition. La partie suivante est dédiée aux outils cognitifs et à la relation qu'ils entretiennent avec nos fonctions cognitives.

II-Outils cognitifs et fonctions cognitives

1-Introduction : Les outils cognitifs, définitions

Dans les modèles de l'acceptation présentés dans la partie précédente, nous avons vu que certains facteurs cognitifs étaient considérés comme étant des critères de l'acceptation ou de l'acceptabilité, comme l'âge, l'éducation, le genre, les caractéristiques de l'utilisateur ou l'expérience (Czaja et al., 2006 ; King & He, 2006 ; Venkatesh & Morris, 2000). Cependant, les études expérimentales portant sur les outils cognitifs (i.e. les outils qui améliorent notre cognition, voir ci-dessous pour une définition plus complète) sont assez rares, alors que les outils cognitifs occupent une place centrale dans notre vie quotidienne ; c'est la raison pour laquelle un approfondissement sur ce type d'outil nous a paru pertinent. En dehors des modèles de l'acceptation, un certain nombre de connaissances issues du domaine de l'étude de la prise de décision et de la neuropsychologie nous permettent de mieux comprendre pourquoi et comment un utilisateur va utiliser un outil cognitif. Plus généralement, c'est donc la relation entre fonctions cognitives et prise de décision dans la sélection de l'outil que nous souhaitons étudier ici.

1-1 Une définition des outils cognitifs

Parmi les outils à notre disposition dans la vie de tous les jours, un type d'outil s'est donc particulièrement imposé dans nos vies : les outils cognitifs (*cognitive tools*). Les outils cognitifs sont englobés dans la définition générale de l'outil faite dans la première partie, mais ils ont la particularité d'être des objets externes qui améliorent nos compétences cognitives (Osiurak, Navarro, Reynaud & Thomas, 2018 ; Virgo, Pillon, Navarro, Reynaud & Osiurak, 2017), par exemple en amplifiant notre cognition (Kozma, 1987). Ils sont développés comme des ressources ou des aides intelligentes avec lesquelles un individu pourra faciliter son raisonnement ou construire son savoir (Jonassen, 1996). L'utilisation des outils cognitifs est un moyen externe (i.e. via l'outil) d'éviter un processus interne et cognitif, un phénomène appelé *cognitive offloading* (Kirsh & Maglio, 1994 ; Risko, Medimorec, Chisholm & Kingstone, 2014 ; Sparrow, Liu, & Wegner, 2011 ; Wilson, 2002), c'est-à-dire un évitement de la charge cognitive. Par exemple, utiliser son téléphone portable comme calculatrice ou comme aide-mémoire est un usage quotidien d'outil cognitif. Selon Lajoie (1993) (voir Bera & Liu, 2006), il existe quatre types d'outils cognitifs : ceux qui servent au traitement cognitif et métacognitif,

ceux qui partagent la charge cognitive avec l'utilisateur, ceux qui permettent à l'utilisateur d'accéder à des activités auxquelles il n'aurait pas pu accéder sans l'outil, et ceux qui permettent à l'utilisateur de générer des hypothèses et des solutions dans des résolutions de problèmes.

1-2 L'utilisation d'outils cognitifs

Les travaux de Liu et al. (2009) ont montré que les outils cognitifs peuvent assister la résolution de problèmes, et que l'outil cognitif a à la fois un but interne (e.g. mieux conceptualiser le problème) et externe (e.g. stocker l'information dans l'environnement). Certaines catégories d'outils cognitifs sont plus dominantes et importantes selon l'étape de la résolution de problème. Par exemple, les outils qui déchargent cognitivement et supportent le traitement cognitif sont plus utilisés au début des résolutions de problèmes, lorsque les utilisateurs définissent et comprennent le problème. De plus, Liu et al. (2009) soulignent que les utilisateurs peuvent utiliser plusieurs outils cognitifs à la fois, en associant un outil pour un but donné ; par exemple, lorsqu'ils doivent à la fois évaluer et intégrer de l'information. Aussi, les résultats issus de Liu, Bera, Corliss, Svinicki et Beth (2004) et de Liu et Bera (2005), qui portent sur l'utilisation d'outils cognitifs dans un environnement d'apprentissage avec des ressources hypermédia, montrent qu'il existe une relation entre l'étendue et le niveau d'engagement dans le processus cognitif d'une part et la fréquence d'usage de l'outil d'autre part. Ils ont également montré qu'il existe différents profils d'apprenants chez les utilisateurs d'outils cognitifs : certains utilisateurs sont orientés vers le traitement de l'information, s'intéressent plutôt à l'action de performance dans la tâche, ont un plus grand degré d'activité dans leur traitement cognitif et sont plutôt dans une démarche d'essai/erreur. A l'inverse, d'autres utilisateurs ont un usage plus consciencieux, sont orientés vers la métacognition, passent plus de temps à choisir l'outil et réfléchir comment tel outil peut les aider à effectuer telle tâche, et sont globalement plus cohérents dans leur sélection d'outils. Nous reviendrons sur la différence entre profils d'utilisateurs dans une partie suivante. Il est important de prendre en considération ce type d'outil et d'y consacrer une partie entière, car dans nos sociétés nous sommes entourés par ces outils cognitifs, notamment concernant les outils appelés nouvelles technologies. Pour les outils cognitifs se pose la même question de l'acceptation, i.e. de savoir pourquoi nous en utilisons certains, et pourquoi nous en rejetons d'autres.

2-Outil externe ou traitement interne ?

2-1 L'outil comme extension de la mémoire

La première remarque à faire au sujet des outils cognitifs est qu'ils sont un moyen externe d'éviter un traitement cognitif interne. Il a été démontré que les utilisateurs ont tendance à utiliser les outils en s'en servant en tant que mémoire externe (Henkel, 2014 ; Risko & Dunn, 2016 ; Sparrow, Liu, & Wegner, 2011 ; Storm & Stone, 2015), ce qui suggère qu'on utilise pour se décharger cognitivement des outils qui nous facilitent l'accès à l'information, et qui étendent ainsi nos capacités en mémoire de travail. En effet, les travaux de Sparrow et al. (2011) montrent que face à un problème à résoudre, les humains pensent logiquement à utiliser un outil, et lors d'un problème de mémoire notamment, lorsque les gens s'attendent à avoir un accès futur à l'information, ils ont des taux de rappel de l'information plus bas. Par exemple, Internet est un outil utilisé en tant que mémoire externe ou transactionnelle, où l'information est stockée et n'a pas besoin d'être retenue en mémoire (cognitivement) par les utilisateurs, puisque l'accès à l'information est constamment possible.

2-2 L'outil et la charge cognitive

Sparrow et al. (2011) mettent à jour une véritable stratégie de la part des utilisateurs : on se souvient du chemin pour accéder à l'information (par exemple, dans le cas d'un ordinateur, du dossier où est stockée l'information), plutôt que de l'information en elle-même et de l'identité de l'item à retenir. De la même manière, ils montrent que les sujets oublient plus facilement les informations qu'ils pensent être stockées de manière externe, se reposant ainsi sur l'outil, et se souviennent à l'inverse des items qu'ils pensent ne pas être stockés par l'outil. Dans ses travaux, Henkel (2014) évalue l'influence de l'utilisation de la photographie en tant qu'outil aidant la mémoire. Dans une première expérience, il évalue la mémoire d'un groupe qui a observé chaque pièce d'un musée, en opposition à un autre groupe qui a lui photographié chaque objet. Il constate que les participants qui observent seulement, sans utiliser de photo, ont un meilleur rappel de l'information. Il constate donc, en lien avec les résultats présentés précédemment, que les sujets se reposent sur des outils externes, qui allègent leur charge cognitive en atténuant le besoin de mémoriser. Dans une seconde expérience, il a mis en place le même protocole, en comparant un groupe qui prenait en photo l'ensemble de l'objet, comme dans la première expérience, et un second groupe qui prenait cette fois-ci un détail de l'objet, en zoomant sur une partie précise. Il constate cette-fois-ci que l'accès à l'information n'est pas détérioré pour le

groupe qui a zoomé, qui retenait en mémoire même les informations sur les parties non zoomées. En conclusion, l'outil prend le relais d'une fonction cognitive, et le sujet fait le choix d'externaliser la solution à son problème. Les travaux de Storm et Stone (2015) portent également sur les conséquences de la sauvegarde de certaines informations sur l'habileté à apprendre et à mémoriser, et montre que les sujets utilisent des stratégies pour soulager leur charge cognitive, dans le but de réduire l'étendue des informations inutiles qui peuvent interférer avec l'apprentissage et la mémorisation d'autres informations. Ils montrent notamment que les participants ont un plus haut rappel de l'information sur un fichier qu'ils ont sauvegardé, en comparaison avec un fichier qu'ils n'ont pas sauvegardé précédemment. Cet effet d'amélioration de la mémoire par la sauvegarde n'est pas observé si les participants jugent le processus de sauvegarde comme n'étant pas sûr (i.e. s'ils ne sont pas sûrs d'avoir bien sauvegardé, la sauvegarde n'a aucun effet).

2-3 L'hypothèse MMH vs SCH

Hayhoe (2000) a également émis l'hypothèse selon laquelle les humains préfèrent acquérir l'information lorsqu'ils en ont besoin, plutôt que de la retenir en mémoire. Cette hypothèse porte le nom de « *minimum memory hypothesis* » (MMH ; Ballard, Hayhoe & Pelz, 1995). Ballard et al. (1995) ont construit cette hypothèse à partir d'un protocole d'expérience appelé *block world task*, dans laquelle ils étudient l'utilisation de la mémoire à court terme dans une tâche manuelle et visuelle, où les participants sont libres de déterminer la stratégie qu'ils vont utiliser. Des participants sont confrontés à un puzzle à assembler, à l'aide de blocs de forme carrée de différentes couleurs, et d'un modèle à copier. L'espace de travail est ainsi divisé en trois zones : L'espace contenant le modèle (*model*), une zone de travail où les participants doivent disposer les pièces pour les assembler (*workspace*), et un espace contenant toutes les pièces disponibles (*resource*). Ballard et al. (1995) observent que si les trois zones sont spatialement proches, alors les participants vont effectuer des mouvements oculaires fréquents pour naviguer entre les trois zones (Eyraud, 2016). Les participants vont en effet observer le modèle pour vérifier de quelle couleur la pièce à prendre est, puis ils prennent cette pièce dans la zone contenant les pièces disponibles, puis ils vont effectuer un mouvement oculaire vers le modèle pour observer la localisation de la pièce à poser, et enfin les participants utilisent la zone de placement des pièces pour la placer dans la position attendue. Ainsi, les participants choisissent de minimiser l'utilisation de leur mémoire, notamment en effectuant une série de mouvements oculaires pour aller rechercher les deux types d'informations (couleur et

localisation) lorsqu'ils en ont besoin, pour ne pas saturer leur cognition. En revanche, si les trois zones sont éloignées, les participants doivent cette fois-ci effectuer des mouvements de têtes pour naviguer entre les trois zones, en plus des mouvements oculaires. Dans ce contexte, les participants vont mémoriser à la fois la couleur et la localisation de la pièce, minimisant ainsi l'effort perceptif (Eyraud, 2016). L'hypothèse MMH corrobore donc les travaux portant sur l'utilisation d'outils cognitifs en tant que mémoire externe.

Gray, Sims, Fu & Schoelles (2006) exposent un point de vue opposé à l'hypothèse MMH, une hypothèse appelée *Soft Constraints Hypothesis* (SCH), qui propose que les individus utilisent une stratégie de minimisation de l'effort perceptif, visant à éviter une demande cognitive trop forte sur l'ensemble d'une tâche, en effectuant un compromis entre coût et bénéfices. Gray et al. (2006) reprend le protocole du *block world task* utilisé dans Ballard et al. (1995), mais en ajoutant du temps d'attente pour accéder à chacune des trois zones de travail. Plus le temps de chargement est long, plus les participant vont minimiser l'effort de perception (Eyraud, 2016). Gray et al. (2006) montrent ainsi que des sujets peuvent préférer retenir un maximum d'information d'un seul coup, ce afin d'éviter des mouvements perceptifs répétés ou des manipulations répétées de l'interface. Gray et Fu (2004) étudient également les stratégies de minimisation de l'effort des participants, ainsi que l'utilisation et l'accès à l'information représentée dans l'environnement et représentée cognitivement en mémoire (*knowledge in the world vs knowledge in the head*), en proposant une tâche où les sujets doivent programmer un enregistrement de vidéocassettes (VCR). Les participants ont trois scénarios possibles : dans une première condition, l'information nécessaire au bon déroulé de la tâche doit être mémorisée avant la tâche. Dans une deuxième condition, l'information est visible sur un écran devant l'utilisateur, en libre accès via un mouvement oculaire. Dans une troisième condition, l'information est en partie couverte, nécessitant un mouvement manuel (mouvement de la souris suivi d'un clic sur la fenêtre pour y accéder). Dans les conditions deux et trois, les participants préfèrent retenir beaucoup d'information en mémoire, plutôt que de faire un effort perceptif (Eyraud, 2016). Gray et Fu (2004) montrent donc que les contraintes liées à l'environnement vont déterminer les stratégies utilisées par les participants, et exposent l'idée que la mémoire, l'action et la perception sont trois dimensions qui ont le même poids, mais que contrairement à l'hypothèse MMH, les participants ne privilégient pas forcément la mémoire lorsqu'ils choisissent une stratégie.

Pour résumer, selon Gray et al. (2006) et son hypothèse SCH, les utilisateurs ajustent leurs ressources perceptuelles et cognitives en fonctions des contraintes liées à l'environnement, et notamment des coûts et avantages temporels liés à la tâche. Ils pourront préférer minimiser le

coût temporel plutôt que l'effort cognitif. Le choix de la stratégie de traitement de l'information s'effectuera en fonction de la IAC (*Information Access Cost*) qui représente le temps ou l'effort physique ou mental impliqué dans l'accès à l'information (Morgan et al., 2009). À l'inverse, Ballard et al. (1995) à travers l'hypothèse MMH estiment que les ressources cognitives sont minimisées, et que les utilisateurs peuvent fournir un plus grand effort perceptuel et moteur afin de minimiser le coût cognitif, notamment le coût mnésique. Selon l'hypothèse MMH, les participants vont donc se décharger cognitivement vers des processus perceptivo-moteur, alors que selon l'hypothèse SCH, les processus perceptivo-moteur ne sont pas nécessairement préférés aux processus cognitifs (Keehner et al., 2008).

3-La métacognition

3-1 La métacognition : un phénomène composite et multidimensionnel

La métacognition sera un concept utilisé au cours de ce manuscrit, notamment parce que la représentation que les utilisateurs ont d'eux-mêmes et de l'outil influencent l'utilisation de l'outil ; pour cette raison, prenons le temps de bien définir les concepts qui gravitent autour de la métacognition. C'est Flavell (1976 ; 1979) qui utilise en premier le terme de métacognition (Lamotte, 2016 ; Wagener, 2011). Ce n'est pas un terme homogène et uni, mais plutôt une notion composite, multidimensionnelle, qui a évolué au cours du temps et qui est spécifique à plusieurs domaines (Pinon, 2007 ; Wagener, 2011). La métacognition est la connaissance, les perceptions et les représentations qu'a un individu sur sa propre cognition et l'ensemble des éléments qui y sont reliés (Bacon & Izaute, 2009 ; Lamotte, 2016). La métacognition est en quelque sorte la cognition sur la cognition (Pinon, 2007), ou selon la formule célèbre « what we know about what we know » (Metcalf & Shimamura, 1994). La métacognition peut porter sur différentes fonctions cognitives : Lamotte (2016) et Pinon (2007) citent par exemple la communication, la mémorisation, la compréhension, la résolution de problème, l'attention, le langage ou les processus décisionnels.

3-2 Connaissances métacognitives et compétences métacognitives

On distingue notamment, dans la métacognition, les connaissances métacognitives des compétences métacognitives (Flavell, 1979 ; Lamotte, 2016 ; Mariné & Huet, 1998 ; Pinon, 2007 ; Wagener, 2011). Les connaissances métacognitives représentent les connaissances

déclaratives qu'a un individu sur sa cognition (e.g. savoir qu'on est meilleur en histoire qu'en géographie ; Wagener, 2011). Ce sont des faits et des croyances verbalisables, stables, stockés en mémoire à long terme et auxquels le sujet peut avoir accès par sa conscience. (Lamotte, 2016 ; Mariné & Huet, 1998 ; Pintrich, Wolters & Baxter, 2000). On considère qu'au sein des connaissances métacognitives, il existe les connaissances de soi, les connaissances des tâches et des contextes, et les connaissances sur les stratégies cognitives et sur la cognition (Flavell, 1979 ; Lamotte, 2016 ; Pintrich, Wolters & Baxter, 2000 ; Wagener, 2011). Dans notre travail de thèse, nous avons particulièrement utilisé les connaissances de soi, qui représentent ce qu'un individu sait ou croit savoir sur lui-même. Wagener (2011) souligne que les connaissances de soi sont comparatives, au niveau interindividuel (penser qu'autrui est meilleur dans un domaine que soi-même) ou intraindividuel (penser qu'on est meilleur dans un domaine que dans un autre). Les connaissances métacognitives relatives aux tâches représentent les connaissances sur les informations à traiter en fonction de la tâche, et les connaissances métacognitives relatives aux stratégies représentent les connaissances sur l'efficacité d'une stratégie ou les moyens pris pour organiser et évaluer une progression vers un but (Mariné & Huet, 1998). Les compétences métacognitives, la seconde composante de la métacognition, sont en lien avec les expériences métacognitives (Flavell, 1979). Elles représentent les expériences vécues pendant une tâche, par exemple lorsque l'individu prend conscience d'avoir retenu ou non une information (Flavell, 1979 ; Lamotte, 2016). Elles permettent quant à elle d'évaluer et de réguler l'état de l'activité cognitive. Historiquement, les compétences métacognitives ont été décomposé et défini de plusieurs manières (Leclercq, 2004 ; Mariné & Huet, 1998 ; Wagener, 2011). Classiquement, on admet qu'elles peuvent exister en tant que monitoring (e.g. l'attention dédiée à une activité, les informations sur l'atteinte des buts et l'état du système cognitif) ou en tant que contrôle cognitif (e.g. planification, modification et organisation de l'activité cognitive). A l'inverse des connaissances métacognitives, les compétences métacognitives d'autorégulations sont vu comme instables (dépendantes du contexte) et pas nécessairement verbalisables (Mariné & Huet, 1998).

3-3 Mesurer la métacognition

Il existe plusieurs moyens de mesurer la métacognition, portant plutôt sur les compétences métacognitives, les connaissances métacognitives étant quant à elle moins étudiées (Quiles, 2014 ; Wagener, 2011). En particulier, beaucoup de travaux dans la littérature portent sur la métamémoire, i.e. la représentation et le contrôle de sa propre capacité cognitive

mnésique (Bacon & Izaute, 2009). Un moyen d'évaluer la métacognition est de passer par les jugements métacognitifs (Lamotte, 2016 ; Pinon, 2007), notamment via des questionnaires utilisant une échelle de Likert en n points, du plus négatif au plus positif. On distingue les micro-évaluations, évaluant le degré de certitude sur la performance d'un item, de la macro-évaluation, qui évalue la performance sur la performance globale (Mariné & Huet, 1998). On appelle macro-prédictions, une prédiction de sa performance après une présentation de la tâche (Mariné & Huet, 1998). Parmi les jugements sur la qualité de la performance, nous allons dans notre cas particulièrement utiliser les échelles normatives métrique, où le sujet se positionne par rapport aux performances d'un groupe de référence (Leclercq, 2004), en devant situer sa performance par rapport aux performances des autres personnes. Dans la littérature il est courant de quantifier la méta-représentation via la correspondance entre le jugement subjective, à travers ses jugements métacognitifs, et la mesure objective, à travers sa performance réelle (Bacon & Izaute, 2009 ; Mariné & Huet, 1998 ; Pinon, 2007 ; Schraw, Potenza & Nebelsick-Gullet, 1993). Le principe, qui sera utilisé dans cette thèse, est donc de prendre en compte ce que l'on appelle la calibration de la performance, à savoir la différence entre la performance et le jugement de la performance sur une activité donnée (Schraw et al., 1993). Une calibration parfaite existe lorsque le jugement est égal à la prédiction. Ainsi, via cette variable on peut évaluer si les jugements sont sous-estimés ou sur-estimés par rapport à la performance objective. Il est d'autant plus nécessaire de prendre en compte cet écart entre réalité et représentation par le sujet qu'il peut exister ce que l'on appelle un biais métacognitif, à savoir le fait de surestimer ou sous-estimer ses performances (West & Stanovich, 1997).

4-Influence de la représentation de l'outil par l'utilisateur et des jugements métacognitifs

4-1 Compromis entre coût et bénéfices, le principe du moindre effort

Le choix d'un outil cognitif est influencé par le jugement et la représentation que les utilisateurs ont d'eux-mêmes et de l'outil. En effet, il est couramment admis que les ressources perceptives, motrices et cognitives sont ajustées sur la base d'un compromis entre coûts et bénéfices pour le comportement interactif (Gray et al., 2006 ; voir aussi Kool, McGuire, Rosen, & Botvinick, 2010). Cet ajustement est très proche du concept d'expérience métacognitive (ou compétences métacognitives), un des deux composants de la métacognition, l'autre étant les méta-représentations (ou connaissances métacognitives ; Risko & Gilbert, 2016). De nombreux

travaux ont montré que l'effort et de manière générale l'évaluation du coût global associé à la tâche, jouent un rôle fondamental dans la prise de décision. En étudiant la question du contexte dans une tâche de perception, et notamment le fait de pencher la tête comme réponse au besoin de traiter une information qui n'est pas dans la bonne orientation, Risko, Medimorec, Chisholm et Kingstone (2014) ont montré que l'effort est un facteur important dans la décision d'utiliser une stratégie externe. Ils découvrent que les participants estiment combien leur coûterait le fait de garder la tête droite, et de décider de passer en rotation lorsqu'un certain seuil de coût est passé. Dans l'expérience en question, ce seuil est basé sur l'estimation du temps de la tâche et l'effort à fournir pour normaliser l'information. Ces faits sont en lien avec le principe du moindre effort (*least effort*) (Kool, 2010), i.e. le fait que les utilisateurs ont tendance à minimiser tout effort physique ou cognitif. On peut donc supposer que c'est la représentation métacognitive de l'outil par l'utilisateur qui influencera le choix d'utiliser ou non l'outil cognitif. Dunn et Risko (2016) ont mis en place une tâche de normalisation dans un contexte de lecture d'un texte tourné, afin de comprendre le déchargement cognitif dans une activité de perception. Ils montrent que ce n'est pas l'évaluation performance-effort associée qui joue un rôle dans la sélection d'une stratégie mais plutôt le contrôle métacognitif, i.e. l'évaluation subjective des individus du bénéfice perçu, soulignant le rôle des croyances et jugements métacognitifs comme prédicteurs du comportement des utilisateurs.

4-2 L'influence de la méta-représentation

Stoeber et Esser (2001) ont expérimentalement étudié le lien entre l'utilisation d'outil, l'anxiété et la méta-mémoire. Les participants devaient se prononcer sur le stockage d'informations : à chaque fois, ils devaient choisir entre un stockage interne (i.e. dans leur mémoire neurophysiologique) ou externe (en utilisant un outil). Selon les résultats, les sujets à tendance anxieuse préfèrent le stockage externe, c'est-à-dire l'utilisation d'outil, et ce, peu importe si l'information à stocker est importante ou non. Cette expérience montre qu'il existe des préférences individuelles en termes de stratégies d'utilisation d'outils, et qu'il existe des utilisateurs aux profils différents selon les aspects de leur personnalité (ici l'anxiété), l'utilisation de l'outil étant influencée par la méta-représentation de leurs compétences. Les sujets anxieux sous-estiment leur performance en stockage interne, et c'est parce qu'ils estiment que le stockage interne allait échouer qu'ils ont préféré utiliser un outil. Gilbert (2015) a également montré que le choix des participants de renoncer à un outil est prédit par la confiance subjective (i.e. l'évaluation métacognitive) en plus de l'habileté objective. Les participants qui ont une confiance plus faible dans leur jugement perceptuel utilisent plus d'outils qui les aident

en mémoire. Enfin, les travaux de Lee et Moray (1992 ; 1994) qui étudient la répartition des fonctions entre l'humain et la machine montrent l'importance des variables de la confiance dans le choix d'une stratégie, la confiance en l'outil (*trust*) et la confiance en soi (*self-confidence*) étant deux critères qui guident l'interaction avec la machine. La stratégie utilisée par l'utilisateur va dépendre, selon Lee et Moray, de l'équilibre et du rapport entre confiance en soi et confiance en l'outil. Le mode automatique est utilisé lorsque la confiance en la machine est plus haute que la confiance en soi, et à l'inverse le contrôle manuel est préféré lorsque la confiance en soi est plus haute que la confiance en la machine. Un changement dans la confiance en l'outil ou la confiance en soi, qui décroît ou accroît selon les événements, implique un changement d'utilisation et d'allocation d'un rôle à l'outil (Lee & Moray, 1992 ; 1994). Pour résumer, la propension à utiliser un outil n'est pas seulement liée à la performance objective, l'évaluation du coût et du gain mais aussi au jugement métacognitif des utilisateurs.

5-Prise de décision et sélection de l'outil

5-1 L'importance de faire des choix et de contrôler la situation

Il a été démontré que les humains aiment choisir, une caractéristique qui existe aussi chez les animaux non humains. (Iyengar & Lepper, 1999, 2000 ; Leotti, Iyengar, & Ochsner, 2010 ; Schwartz, 2004). Leotti et al. (2010) décrivent avec justesse comment contrôler la situation, choisir et prendre des décisions n'est pas seulement une question de satisfaction ou de désirabilité pour l'humain, mais bien une nécessité biologique et psychologique, qui est présente en tant que besoin inné de choisir chez l'animal et l'humain. De manière générale, on sait que dans la prise de décision les humains ont tendance à faire en sorte de minimiser tout effort physique ou cognitif, via le principe du moindre effort (*least effort*) déjà cité précédemment (Kool et al, 2010). Dans leur étude comportementale, Kool et al. (2010) mettent en place un paradigme de demande et de sélection où les participants doivent choisir entre deux sources de stimuli qui demandent chacune un niveau de contrôle cognitif différent. Ils observent une préférence pour la source la moins coûteuse, sans qu'elle soit motivée par la prévention des erreurs ou par la minimisation du temps passé sur la tâche. C'est donc l'anticipation de la demande cognitive qui joue un rôle dans la prise de décision (Kool et al. 2010). On sait également que les humains ont tendance à vouloir garder un certain contrôle perçu sur leur environnement, ce que l'on appelle le principe du contrôle accru (*more control*) (Rothbaum, Weisz & Snyder, 1982). Dans une expérience, Osiurak, Wagner, Djerbi & Navarro (2013) ont

montré que les humains préfèrent garder le contrôle de leur environnement plutôt que de minimiser l'effort, en préférant faire une tâche manuellement (avec un effort physique) ou de manière semi-automatique (avec un effort cognitif), plutôt que d'utiliser un outil qui fait la tâche pour eux (sans effort physique ou cognitif). En d'autres mots, on préfère souffrir, du moins faire un effort, et garder le contrôle sur la situation en utilisant un outil, plutôt que de regarder un outil faire pour nous, et ce même si c'est deux fois plus long (Navarro & Osiurak, 2015).

5-2 *Le phénomène de la sélection de l'outil*

Parallèlement aux notions de coût et de gain associées à l'outil et de manière plus générale, si on s'intéresse aux mécanismes cognitifs de l'utilisation d'outils, Johnson-Frey (2004) décrit les réseaux cérébraux spécialisés dans l'utilisation d'outils complexes, et fait notamment la distinction entre le système conceptuel (qui stocke et produit des représentations conceptuelles, des connaissances sémantiques sur l'outil) et le système de production (qui regroupe les compétences nécessaires pour faire une action). L'utilisation d'outils est donc en lien avec deux types de connaissances (Lesourd, Baumard, Jarry, Le Gall & Osiurak, 2017 ; Osiurak & Badets, 2016) : les connaissances sémantiques (qui représentent le stockage de l'information relative à l'outil concernant son but, plus particulièrement liée aux objets de tous les jours ; c'est par exemple le fait de savoir qu'un marteau est couramment utilisé pour frapper un clou) et les connaissances mécaniques (ou raisonnement technique, qui représente les informations sur les propriétés de l'outil en lien avec l'environnement et les compatibilités entre l'outil et l'objet de l'environnement sur lequel s'exerce l'outil ; c'est par exemple le fait de savoir que pour couper une tomate avec un couteau, il faut comprendre l'opposition entre le couteau, qui est dur et coupant, et la tomate qui a les propriétés opposées). Lesourd et al. (2017) rappellent que les défenseurs de l'hypothèse *semantic knowledge only* (Buxbaum 1997) pensent que c'est cette connaissance sémantique qui va nous pousser à choisir et utiliser un outil (i.e. les connaissances générales sur les fonctions de l'outil, les usages sociaux communs et les relations outil-objet habituelles comme marteau/clou). A l'inverse les défenseurs de l'hypothèse *mechanical knowledge only* (ou l'hypothèse du raisonnement technique) (Osiurak et al., 2009) postulent que l'utilisation d'outil dépend de l'habileté à raisonner sur les moyens techniques (i.e. lorsqu'on doit choisir et utiliser un outil, on fait des comparaisons structurelles entre l'outil et l'environnement, selon les caractéristiques de l'environnement). Enfin, une

hypothèse mixte, l'hypothèse *semantic and mechanical knowledge* défend l'idée que les deux types d'informations entrent en jeu mais de manière complémentaire et indépendante. Parallèlement à ces connaissances issues de la neuropsychologie, les recherches dans le domaine des neurosciences ont également apporté beaucoup d'informations sur le phénomène de la prise de décision. Niv (2007) rappelle que dans le processus de sélection de l'action, les individus peuvent évaluer et agir selon les récompenses ou les punitions, le comportement fonctionnant selon un modèle de prédiction et d'apprentissage des erreurs. En clair, c'est apprendre les relations causales de l'environnement, et sélectionner la bonne action en fonction des récompenses, pour éviter au maximum la douleur ou les effets négatifs. Neurophysiologiquement parlant, c'est principalement la dopamine qui joue ce rôle de donner de la valeur aux différentes possibilités, et d'influencer les choix en motivant l'individu à prendre une décision plutôt qu'une autre (Niv, 2007).

6-La sélection de l'outil en tant que phénomène composite

6-1 Un phénomène global et dynamique

La sélection de l'action (et donc de la sélection de l'outil) est premièrement un phénomène global. Pezzulo et Castelfranchi (2009) soulignent que le comportement de prise de décision est déterminé par des représentations internes (des générations endogènes des buts) plutôt que par des stimuli externes. Pour eux, on sélectionne l'action qui nous permet d'obtenir un résultat, d'arriver à un but, ces actions étant guidées par nos prédictions et notre contrôle de la situation. Selon Pezzulo et Castelfranchi (2009), les étapes classiques lors d'une prise de décision, et donc potentiellement lors d'une sélection d'outil, sont de sélectionner les choix disponibles en compétition, et d'en sélectionner un selon sa valeur et sa faisabilité, sur un principe global de prédiction de la conséquence de l'action. La prise de décision est également un phénomène dynamique. Walsh et Anderson (2009) décrivent comment les choix des utilisateurs émergent suite à une évaluation des stratégies disponibles. Dans une tâche de calcul mental, tout en enregistrant les réponses comportementales des participants via le mouvement de la souris sur l'écran, les auteurs mettent les participants dans trois conditions, en les forçant à calculer de tête, de tête et avec une calculatrice, ou bien en leur laissant choisir leur option préférée. Ils montrent d'une part que les individus préfèrent les solutions les plus rapides et les plus précises, et d'autre part que les sujets se méta-représentent chaque option avant d'en choisir une ; ils

initient un mouvement vers une stratégie avant de l'évaluer et de potentiellement garder cette stratégie ou en choisir une autre.

6-2 L'hypothèse de la compétition des affordances

La sélection de la stratégie serait donc un phénomène itératif et dynamique où chaque option est envisagée. Une hypothèse intéressante dans le cas de la prise de décision dans l'utilisation d'outil est l'hypothèse de la compétition des affordances (*affordance competition hypothesis*) formulée par Cisek (2007), selon laquelle la sélection de l'action serait traitée en même temps que la question de savoir comment effectuer cette action. Cisek (2007) suppose que le cerveau traite plusieurs informations en parallèle, et donc que l'on sollicite différentes régions cérébrales, impliquant le fait que la prise de décision n'est pas associée à une structure cérébrale particulière, mais plutôt le fruit d'une interaction entre plusieurs régions cérébrales. Pour reformuler plus clairement l'hypothèse, face au fait de devoir faire une sélection d'outil, on ne décide pas d'abord pour ensuite enclencher les commandes motrices, mais bien l'inverse : des groupes neuronaux et des structures cérébrales distinctes vont spécifier les possibilités d'actions. Ensuite, un phénomène de compétition se mettra en place, la décision finale étant la sélection d'une action parmi les différentes possibilités d'actions en compétition. On en conclut que la prise de décision pour l'utilisation d'outil serait donc dynamique et actualisée en temps réel : en fonction de l'environnement ou du changement d'information, les potentielles actions se modifient, jusqu'à ce que la compétition entre les choix possibles soit gagnée par l'une des options, puis viendra la décision de suivre cette option. Cisek (2007) souligne d'ailleurs que plus on met du temps pour prendre une décision, plus il y aura d'interaction entre les régions cérébrales impliquées.

7-Des profils d'utilisateurs différents

On peut constater également dans la littérature que les choix des utilisateurs peuvent varier, notamment parce que des profils d'utilisateurs différents peuvent apparaître. Par exemple, Iyengar et Lepper (1999) ont étudié le lien entre motivation et choix, notamment sous l'angle de la différence culturelle. En étudiant deux groupes de participants issus de deux cultures différentes, l'un étant anglo-américain et l'autre asiatique, ils ont montré que les participants américains montrent en moyenne moins de motivation lorsque les choix sont faits

par d'autres que lorsqu'ils font eux-mêmes leurs propres choix, que les autres en question soient des figures d'autorité ou des pairs. A l'inverse, les participants asiatiques étaient en moyenne plus motivés quand les choix étaient faits par d'autres. Ces résultats montrent que la prise de décision et la sélection de stratégies, notamment sur les questions de satisfaction et de motivation, ne sont pas des phénomènes universels, mais qu'il existe une influence du contexte culturel, et notamment ici du poids de l'interdépendance à autrui. De manière plus générale, peut-on déceler un profil universel ou à l'inverse plusieurs profils d'utilisateurs différents ? À ce sujet, Schwartz et al. (2002) montrent qu'il existerait au moins deux profils de sujets différents dans la prise de décision, qui reflètent des différences individuelles quant à la recherche de la maximisation des choix. Certains utilisateurs seraient des *maximizers* (les sujets qui essaient de maximiser leurs choix, aiment avoir la meilleure option, ont des plus hauts standards, et veulent donc avoir beaucoup de possibilités. Ils aiment avoir le choix, font plus de comparaisons entre les choix, mais au final seront moins satisfaits et plus sensibles au regret que les autres) et d'autres seraient des *satisficers* (des sujets *non-maximizers*, qui préfèrent avoir un nombre de choix plus modeste, et qui cherchent simplement l'option qui correspond le plus au critère qui compte le plus pour eux ; ils se satisferont plus facilement que les autres si l'exigence la plus importante selon eux est respectée). Toujours sur le thème des profils d'utilisateurs, une expérience de Osiurak, Navarro, Reynaud & Thomas (2018) compare la performance de participants dans trois tâches physiques et trois tâches cognitives, dans des conditions avec et sans outil. Ils montrent que les outils n'effacent pas mais au contraire prolongent et étendent nos compétences physiques ou cognitives intrinsèques. En quelque sorte, l'utilisation d'outil serait limitée par le degré initial de connaissances ou de compétence d'un individu, ce qui vient renforcer l'hypothèse potentielle de profils d'utilisateurs différents. Aussi, les habitudes des individus pourront fortement influencer les prises de décisions. Packard et Knowlton (2002) ont montré que les comportements orientés vers le but peuvent facilement être remplacés par l'habitude, et qu'il existe donc une compétition entre d'une part nos buts, les offres proposées par l'environnement, et d'autre part les habitudes et les apprentissages des individus, qui varient fortement selon les individus.

8-L'influence de l'environnement et du contexte dans la prise de décision

8-1 L'importance du contexte

On sait également que les humains utilisent des stratégies différentes pour prendre une décision, selon la demande de la tâche (Payne, 1982). La question est de savoir quand une stratégie est-elle utilisée ? Payne, Bettman et Johnson (1988) soulignent le rôle de l'effort et de la précision dans la prise de décision, et montrent que la sélection d'une stratégie est adaptative et dépend des informations de l'environnement. En d'autres mots, l'utilisateur choisit toujours la stratégie la plus efficace en termes d'effort et de précision. Cependant, sous la contrainte du temps, il simplifie ses décisions (e.g. l'utilisateur passe moins de temps pour l'acquisition de l'information et passe plus de temps sur l'attribut décisionnel le plus important), accélère ses processus décisionnels sous la pression en basant sa décision seulement sur un sous-ensemble d'informations, plutôt que l'ensemble qu'il a à sa disposition. Néanmoins, les auteurs constatent que le temps de comparaison entre alternatives ne varie pas et reste constant proportionnellement : on passe autant de temps, proportionnellement, sur chaque alternative avec ou sans pression. Siegler et Lemaire (1997) mettent des participants jeunes (20 ans en moyenne) et plus âgés (70 ans en moyenne) face à une tâche de calcul mental, avec deux conditions, la possibilité d'utilisation d'outil (calculatrice) ou l'utilisation de la feuille et du crayon comme stratégie pour résoudre le problème. Il montre que l'estimation du temps et la précision prédisent la fréquence à laquelle chaque option sera choisie selon le problème ; les caractéristiques du problème exercent également une influence.

8-2 L'influence du nombre de choix

Parallèlement à l'importance des bénéfices et des coûts dans la prise de décision, des travaux ont montré le rôle de la complexité des problèmes et l'influence des options, i.e. le nombre de possibilités offertes à l'utilisateur. Schwartz (2004) dans son célèbre article avance le fait que plus de choix ne rend pas l'humain plus heureux. En effet, avoir plus d'options à sa disposition signifie avoir plus d'options qui ne seront pas choisies, et donc une chute de la satisfaction générale provoquée par le regret ; suivant le même raisonnement, plus d'alternatives signifie des attentes plus grandes pour trouver ce que l'on cherche, et donc plus

de déceptions, pouvant provoquer un refus de choisir de la part de l'utilisateur. De même, Iyengar et Lepper (2000) montrent à travers trois expériences qu'avoir plus de choix n'est pas intrinsèquement plus motivant pour l'utilisateur qu'avoir peu de choix. Les participants préfèrent avoir une offre limitée (6 choix dans l'expérience) qu'une offre plus conséquente (24 ou 30 choix), et ils sont au final plus aptes à acheter un produit (dans l'expérience des pots de confiture ou du chocolat) et plus satisfaits de leur sélection lorsque le nombre de choix est faible. Dans ses travaux, Timmermans (1993) étudie la prise de décision de participants dans le cadre d'une sélection du meilleur candidat pour un poste. Elle fait varier la complexité du problème (i.e. le nombre de candidats), ainsi que les attributs utilisés pour décrire un candidat et ses alternatives. Elle montre que plus il y a d'alternatives, moins les participants y font référence, et moins ils utilisent d'attributs pour les évaluer ; de même, le pourcentage de jugements positifs chute si la complexité augmente. Ces travaux montrent bien que la sélection et l'évaluation de l'information sont liées à la complexité du problème. Plus un problème de décision est complexe, plus on va simplifier nos processus de prise de décision en se basant sur des heuristiques simples. D'autres études se sont prononcées sur l'influence du nombre d'alternatives sur le processus de prise de décision. Notamment, Dhar (1997) montre que la décision de reporter un choix est liée à l'attractivité des options. En effet lorsque l'attractivité des options augmentent, cela provoque un conflit chez l'individu et une décision de reporter son choix. Sur ce sujet, Leotti et al. (2010) montrent que malgré le besoin inné de choisir pour l'humain, le choix peut ne pas être désirable dans certaines situations, notamment dans les décisions émotionnellement difficiles, ou avec un contexte de grande complexité.

Deuxième Partie : Expériences

La partie expérimentale suivante est dédiée aux trois articles soumis durant mon doctorat. Avant chaque article, une courte introduction rappelle le chemin et la réflexion qui ont amené à la conception de l'expérience ou de l'article théorique, et un memento rappelle les principaux résultats de l'article.

I- Article 1 : Revue de la littérature et principaux critères de l'acceptation

Titre : Acceptance and acceptability criteria : a literature review.

Auteurs : Boris Alexandre, Emanuelle Reynaud, François Osiurak & Jordan Navarro

État : publié, à *Cognition, Technology & Work*

1 Introduction

Le premier article, *Acceptance and acceptability criteria : a literature review*, est une revue de la littérature qui s'intéresse aux critères de l'acceptation et de l'acceptabilité. En début de thèse, ce fut mon premier travail : avant de façonner mes expériences, il fallait construire les bases méthodologiques de mon travail, et pour ce faire étudier ce que disait la littérature dans ce domaine. À force de lecture, je me suis rendu compte qu'il existait une grande quantité de critères de la littérature, et tout autant de modèles différents. Méthodologiquement, nous avons choisi de ne pas nous appuyer sur un modèle particulier, mais de partir d'un ensemble de concepts et de critères qui avaient historiquement émergé des différents modèles. Afin de repérer quels critères et quels concepts étaient pertinents, nous avons procédé à un long travail de tri et d'inventaire. Au total, en empruntant des travaux théoriques et expérimentaux à plusieurs disciplines (psychologie, ergonomie, marketing, sciences cognitives, sociologie) nous avons pu lister 142 critères de l'acceptation ou de l'acceptabilité, que nous avons classé dans quatre méta-critères. Trois de ces méta-critères nous paraissaient être le point commun évident entre beaucoup de modèles, à savoir l'utilité, la facilité et l'esthétique. La plupart des auteurs les plaçaient comme principaux influenceurs dans l'utilisation et l'acceptation de l'outil. Enfin, un dernier méta-critère important représentait toute la richesse du domaine de l'acceptation, à savoir le méta critère regroupant les critères portant sur les différences sociales, contextuelles et individuelles.

2 Memento des principaux résultats

- La question de l'acceptation et de l'acceptabilité est étudiée par de nombreux domaines (e.g. psychologie, ergonomie, sciences cognitives, sociologie)
- Il existe une quantité de modèles appartenant à cinq approches historiques (i.e. approche ergonomique, sociale, orientée sur la productivité, hédonique et approche de l'expérience-utilisateur).
- La littérature propose de nombreux critères de l'acceptation et de l'acceptabilité
- Nous proposons une vision synthétique et une interprétation nouvelle de la question, nous permettant de classer et de grouper un ensemble des critères présents dans la littérature (142 critères) en quatre méta-critères : Utilité, Facilité, Esthétique, et différences sociales (contextuelles/individuelles)
- Les trois premiers critères directement liés à l'outil (Utilité, Facilité et Esthétique) permettent à eux seuls d'expliquer et d'englober 65 % des critères présents dans la littérature, et 70% des critères les plus importants de chaque modèle théorique de l'acceptation.



Acceptance and acceptability criteria: a literature review

Boris Alexandre¹ · Emanuelle Reynaud¹ · François Osiurak^{1,2} · Jordan Navarro^{1,2}

Received: 10 April 2017 / Accepted: 10 January 2018
© Springer-Verlag London Ltd., part of Springer Nature 2018

Abstract

One of the common issues related to tool use is to know why certain tools are chosen, accepted and used by users, while others are rejected. The aim of this paper is to find out if there are criteria related to the tool that can explain this decision. This manuscript proposes a literature review about acceptance and acceptability and presents the different historical approaches that have proposed an explanation to this issue (i.e. ergonomics approach, social approach, productivity-oriented approach, hedonic approach, user-experience approach), together with acceptance criteria listed in the field of psychology, ergonomics or cognitive science. Subsequently, a synthetic view and an interpretation of the evolution of the issue of tool acceptance are proposed, along with a new classification of acceptance and acceptability criteria, which consists in grouping criteria present in the literature in four meta-criteria.

Keywords Tool use · Acceptance · Acceptability · Technology

1 Introduction

Humans are unique in constantly modifying and improving tools and technologies¹ over generations. The corollary is that some tools are progressively replaced by others, raising the critical issue of the reasons why a tool is adopted or rejected by users. A broad definition of technology adoption is proposed by Rogers (1995), as a process starting from the discovery of an innovation and leading to the final adoption of a tool. Adoption is here defined as an individual (or collective) decision to accept and use a tool. More specifically, the process of adoption can be subdivided into two sub-processes based on the temporality of the interaction between the user and the technology (Barcenilla and Bastien 2009; Lee et al. 2003). Acceptability is an a priori phenomenon in the time scale of our confrontation with a tool, and it predicts intent to use (Barcenilla and Bastien 2009; Février 2011). It is defined as an explicit willingness to use a tool (Dillon and Morris 1996). In other words, acceptability is the more or less positive mental representation that a tool user

has before using the tool (Tricot et al. 2003). Acceptance is defined as an a posteriori pragmatic evaluation, implying that a real activity is required from the user prior acceptance evaluation (Février 2011). In practice, when confronted to a new tool the user assesses acceptability at first, then after tool-use tool acceptance is constructed (Bobillier-Chaumon and Dubois 2009). This distinction between actual use (i.e. acceptance) and a priori perceived use (i.e. acceptability) is essential, notably because the representation of a tool is not completely defined in advance but also generated during actual tool use (Tricot et al. 2003).

The issue of tool adoption has been addressed by several approaches, including ergonomics, sociology, cognitive science and psychology. In this context, a variety of concepts have emerged (e.g. usability, learnability and accessibility), sometimes generating confusion as to the definitions offered for these different concepts. The main objective of this review is to dispel this confusion by providing a thorough overview of the key criteria associated with acceptance/acceptability according to the following approaches: ergonomics, social psychology, productivity-oriented, hedonic, user experience and independent criteria. Note that each approach can contain different models. From this

✉ Boris Alexandre
boris.alexandre@univ-lyon2.fr

¹ Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3082), Institut de Psychologie, Université de Lyon, 5, Avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron Cedex, France

² Institut Universitaire de France, Paris, France

¹ The terms “tool” and “technology” will be hereafter used interchangeably. “Tool” refers to unattached object and handheld physical implement that is manipulated by the user to make a change in the environment (see Osiurak et al. 2010).

overview, we will propose a synthetic view based on key “meta-criteria”, which should help the reader understand the main similarities and discrepancies between the different approaches discussed.

2 Approaches to acceptance and acceptability

2.1 Ergonomics

The first approach to acceptance has been developed by psycho-ergonomics. The main idea of this approach (also called tool-use centred approach) is that there are ergonomic criteria that will make a tool used and accepted. In this respect, they have identified two main criteria, namely usability and accessibility.

Early definitions of usability explain this concept as an easy and effective use, the tool seen as a suitable support to complete a task (Bevan 2001; Shackel 1981). Nielsen (1994) stressed that usability is an evaluation criterion of a tool and is ipso facto acceptance criteria of the tool, and proposed to divide it into five dimensions: efficiency, satisfaction, ease of learning, ease and reliability (see also Dubois and Bobillier-Chaumon 2009). This proposal is relatively consistent with previous ones. For instance, Shackel (1981) decomposed usability criteria into four criteria with same weight: effectiveness, learnability, flexibility and attitude (see also Harvey 2011). As summarized by Harvey et al. (2011), usability is defined as a concept involving manipulability (easy to manipulate), utilisability (achieve a goal at lower cost), operability (ability to keep a tool in a reliable functioning condition) and accessibility (make a tool usable for everyone) (Harvey et al. 2011). This concept of usability has been used for construction of ISO standards (Barcenilla and Bastien 2009; ISO/IEC 1998). According to ISO 9241-18, a product is usable when it allows the user to perform the task with “effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use”.

Although the concept of accessibility is sometimes included in the definition of usability (e.g. Harvey 2011; see just above), it is thought as an independent criterion from usability (Bobillier-Chaumon and Dubois 2009). Accessibility means that a tool should be flexible and adapted to everyone (Bastien et al. 1998). As pointed out by Brangier et al. (2010), access to technology is a precondition of usability. In this context, accessibility is naturally critical for disabled users.

The tool-use centred approach also proposes a methodological contribution, such as user tests to evaluate tool use performance. Nielsen (1994) created a famous usability evaluation, based on performance measures along with observational data and interviews with users (Nielsen 1994;

Tricot et al. 2003). A number of authors have also contributed by listing many ergonomics recommendations (e.g. Bastien and Scapin 1992). However, a limitation to this approach is that its proponents have mainly focused on functional aspects linked to acceptability (before use), thereby neglecting acceptance (actual use).

2.2 Social psychology

Within this approach, the user is considered as a social agent. Consequently, new issues have arisen: what are the social determinants of tool use (Fishbein and Ajzen 1975)? How our engagement in a tool influences the representation of its use (e.g. Bandura 1977)? What are the mechanisms of diffusion of innovation (e.g. Rogers 1995)? These issues will be detailed here in turn.

Theory of reasoned action (TRA) and theory of planned behaviour (TPB) are early theories from social psychology applied to acceptance. The TRA, developed by Fishbein and Ajzen in 1975, argues that behavioural intention determines real behaviour and acceptability (Ajzen and Fishbein 1980; Fishbein and Ajzen 1975). In turn intention is determined by the following criteria: performance, attitude and subjective norms (Li 2008). Ajzen (1991) describes performance as the task completion success, attitudes as the belief towards the tool and subjective norms as the social pressure to use a tool or not. TPB, an extension of TRA also developed by Fishbein and Ajzen (1975), adds three concepts to TRA. The first concept is effective use, implying that performance during tool use determines our intention to reuse it. The second concept is perceived behavioural control, which consists in an auto-evaluation of the user skills and resources in regard to tool use (Ajzen 1991; Février et al. 2008). The third additional concept is motivation defined as the engagement in tool use (Bobillier-Chaumon and Dubois 2009; Chau 1996; Chau and Hu 2002; Taylor and Todd 1995). These two theories are the theoretical basis of the technology acceptance model (TAM) proposed by Davis (1989; see below).

Another major proponent of this approach is Bandura (1977, 1982, 1997), with the notions of agency and self-efficacy. Agency can be defined as the agent personal influence on his/her own functioning (Beillerot 2004). Self-efficacy, a concept that arises from agency and implied by it, is the overall personal judgment of being competent enough to implement a skill to use a technological system (Compeau and Higgins 1995; Février 2011). After all, the agent has no reason to act if not convinced to meet some success. Higher self-efficacy will lead to higher expectations of results with tool use, thus generating more engagement and less auto-depreciation. Tool use and acceptance are therefore linked to the criteria of motivation and belief in the fulfilment (Bandura 1997; Beillerot 2004). Bandura (1982) distinguished between vicarious experience (tool use compared to other

individuals) and active experience (personal previous experience with a given tool) (see also Beillerot 2004). In connection with this theory, Luarn and Lin (2005) showed that self-efficacy directly impacts perceived intent to use as well as ease of use. Malhotra and Galletta (1999) also pointed out that subjective norm is a major contributor to self-efficacy.

Rogers (1995) and Tornatzky and Klein (1982) have championed the theory of diffusion of innovation. At the tool level, a piece of technology must (a) have an advantage relatively to traditional strategies, (b) be compatible with users' values, experiences and needs of individuals and groups, (c) be easy to use and (d) have quick and visible positive benefits. At the user level, the theory of diffusion of innovation assumes that, in a group, individuals have different characteristics and, as a result, different users' profiles (Hammes-Adelé 2011): a minority of innovative users (early adopters), then the early and late majorities of users (in two distinguished steps) and finally the laggards (a minority resistant to change). Therefore, a fundamental criterion of the tool acceptance would be the user profile. Each profile has distinctive features and is more or less inclined to tool use (Rogers 1995). Interestingly, inspired by the aforementioned attributes, Moore and Benbasat (1991; see Li 2008) proposed a revised version of TAM, with the following criteria: relative advantage, complexity, image, visibility and compatibility. In the same line, Tornatzky and Klein (1982) emphasized that compatibility, relative advantage and complexity impact the diffusion and acceptance of a technological system.

2.3 Productivity-oriented approach

Following both the ergonomic and social approaches, a user-centred and productivity-oriented approach emerged from the 1980s. The most famous model is the technology acceptance model (TAM) proposed by Davis (1989) and Davis et al. (1989, 1992). The role of TAM is to predict the behaviour of the user (Legris et al. 2003) with intention of use (i.e. acceptability). The main criteria explaining the use in this model are perceived usefulness (PU) and Perceived ease-of-use (PEOU) (Davis 1989). Davis defines PU as "the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance" and PEOU as "the degree to which a person believes that using a particular system would be free of effort" (Davis 1989). PEOU and PU are defined as cognitive construct (or cognitive beliefs), and those must be differentiated from emotional construct that is attitude and behavioural constructs that are intention of use (Park 2009). PU and PEOU are two independent dimensions, and PU has the strongest link (50% more influential than PEOU) on use and intention of use, and PEOU is the second criterion (Davis 1989; Legris et al. 2003). The TAM was found accurate and reliable in a

variety of contexts (Venkatesh and Davis 1996, 2000) and explains about 30% of the variance of actual use and 40% of the variance of intention to use (Février 2011; Legris et al. 2003; Park 2009). Several TAM evolutions have added contributing criteria to PU and PEOU, such as the influence of the support, motivation, the responsiveness of the tool, visibility, experience of individual (Venkatesh and Davis 2000). Sun and Zhang (2006) underlines that evolutions of TAM can be on the individual dimension (e.g. improvement of the attitude), technological dimension (e.g. improvement of tool's variable: complexity, purpose, learnability, etc.) or organizational dimension (e.g. motivation and place). TAM model has been used and amended by other authors, see Brosnan (1999), Erasmus et al. (2015), Ghazizadeh et al. (2012), Hsu and Lin (2008), Lee et al. (2005), Malhotra and Galletta (1999), Park (2009), Pituch and Lee (2006), Romdhane (2013), Vallerand (1997) and Venkatesh and Davis (2000) for some examples. Venkatesh and Davis themselves offer a second version of their model called TAM 2, in which they added to PU and PEOU the social influence (defined as the subjective norm, image and voluntarism) and four instrumental processes: the pertinence of the task, the quality of the output, the demonstrability of results (i.e. the degree to which the results and benefits are apparent and tangible), the criterion of experience, user attitude, behavioural intention, actual use of the system and external variables (individuals or socials, link to the system or to the organizational context, see Koh et al. 2010; Venkatesh 2005; Venkatesh et al. 2003). As in the theory of reasoned action, subjective norm refers to social pressure to decide to use a technology (Ajzen 1991). This model demonstrates that the quality of output and demonstrability of results have a positive effect on the PU criterion (Li 2008). It may be noted that TAM2 explains 60% of variance of use, which is a considerable improvement over the first version (Park 2009). Over time, Davis will also separate ease of use criterion in three clusters: physical effort, mental stress and learning difficulty; usefulness is also separated into three main clusters: job effectiveness, productivity and time saving, and importance of the system to one's job (Davis et al. 1992). As underlined in an exhaustive literature review of Legris et al. (2003) on TAM, results are contradictory and inconsistent. If the original model is quite strong and achieves unanimity, researchers are unable to agree on the importance of each criterion. From one study to another, PU could be considered to have the greatest influence, whereas PEOU could have none on the acceptance or on intention to use (Keil et al. 1995; Subramanian 1994) or the reverse (Chau 1996; Igarria et al. 1997; Jackson et al. 1997; Legris et al. 2003; Lucas and Spitler 1999). However, as said earlier and confirmed by King and He (2006) the TAM is valid and robust and remains a good standard, but the main weakness of the TAM is the variability and disparity of results. Venkatesh

et al. (2003) intended to unify knowledge on this topic and created the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT). This model is a synthesis of eight models and explains 70% of the variance of acceptability. There are four criteria: performance expectancy, effort expectancy, social influence and facilitating conditions, with some moderators (gender, age, experience and voluntariness). Theoretically speaking, the UTAUT model includes constructs from eight models or theories: theory of reasoned action, motivational model, theory of planned behaviour, model of PC utilization, innovation-diffusion theory, social cognition theory, a model combining the technology acceptance model and the theory of planned behaviour and TAM (Li 2008). This model was born from the observation that if PU is the best determinant of use (as reported in TAM 1), antecedents of PEOU and PU criteria should also be understood (Venkatesh and Davis 1996). From this model validation, the authors conclude that the following three criteria are the most important: performance expectancy, social influence and efforts expectancy (Venkatesh et al. 2003).

Other models (Dillon and Morris 1996; Nielsen 1994; Triandis 1980) are based on a productivity-oriented approach. The model of Dillon and Morris (1996) opposed real usefulness to perceived usefulness. This model allows to differentiate perceptions and judgments from effective, practical and real facts; the user gives feedback that modifies our judgment (Dillon and Morris 1996). In another model, Nielsen made the theoretical choice of opposing social acceptability (context, social norms, personality and experiences) from practical acceptability (reliability, cost and usefulness, composed of utility and usability) (Février 2011; Nielsen 1994). Theory of interpersonal behaviour (TIB) of Triandis (1977) explains acceptance and acceptability with criteria of habits, context, affect and facilitating conditions (Triandis 1980). More exactly, Triandis distinguished cognitive components (beliefs about the tool) from affective component (feelings and attitudes) (Li 2008; Thompson et al. 1991). Finally, the theory of cost–benefit paradigm (Beach and Mitchell 1978; Johnson and Payne 1985; Payne et al. 1993) claims that the result of our interactions with tools and final judgment would be an evaluation of the cost compared to benefits: if the gain is greater than the effort, our acceptance is more likely to be positive. The quality of the result and the effort (cognitive or physical cost) are two criteria that come into competition. The theories and models presented above show a determinist model, because the user is often seen as a rational decision-maker. But other models put more emphasis on the subjective judgment and emotion, as we will see now.

2.4 Hedonic approach

In the literature, satisfaction is often mentioned as a determinant of usage. Bailey and Pearson (1983) and Cyert and March (1963), the precursors, implemented questionnaires to assess users' satisfaction. This approach is based on the idea that acceptance is reachable only if users are satisfied with the tool (Dahab 2001). Satisfaction is sometimes referred to as the “funology” or “joy of use” (Davis et al. 1992; Hassenzahl et al. 2000). For Romdhane (2013), satisfaction in the literature is seen as a positive experience of interaction with a tool or device. Theoretically speaking, it is a real break from previous models. As Van Der Heijden (2004) stressed, we can now distinguish productivity-oriented approach (i.e. utilitarian) versus pleasure-oriented approach (i.e. hedonic). It is assumed that more pleasure means more productivity and larger use. In these models, the fundamental difference with the first models inspired by TAM is that perceived enjoyment and perceived ease-of-use are stronger determinants than perceived utility.

The information systems success model by DeLone and McLean (1992) defines satisfaction as being the potential result of use, because the most frequent users are the most satisfied. Originally proposed by Doll and Torkzadeh (1988), DeLone and McLean (1992) added the criteria of the system quality and information quality as determinants of satisfaction; they also emphasized the importance of the context. Note that in their updated model, they added quality service and net benefits (DeLone and McLean 2003).

In the expectation confirmation theory (or disconfirmation theory sometimes), Oliver (1980, 1981) argued that it is the confirmation of expectations on tool that determines our acceptance and continued tool use, i.e. the gap between the users' expectation and his actual experience. A small gap means that a priori goals have been achieved, so that the user is satisfied, and conversely a significant gap means dissatisfaction. Moreover, an expectation confirmation leads to users' satisfaction and favours continuous use (Bhattacharjee 2001; Bhattacharjee and Premkumar 2004; Lankton and Harrison McKnight 2014).

Wixom and Todd (2005) mixed the model of user satisfaction, TAM and use criteria of information quality, composed by completeness, accuracy, format, and currency, system quality, composed by reliability, flexibility, integration, accessibility and timeliness, information satisfaction, system satisfaction, usefulness, ease of use, attitude and intention. The model explained 59% of variance of intent to use. The literature includes many studies and information on satisfaction models, see Lankton and Harrison McKnight (2014), Lindgaard and Dudek (2003), Rai et al. (2002), Seddon (1997) and Van Der Heijden (2004).

Finally, another hedonic concept is *flow*, proposed by Csikszentmihalyi (1990), described as extreme

concentration. Being in flow state means to be intensely involved in a task, this state is therefore connected to the general user satisfaction. Finneran and Zhang (2003) defines flow as an “experience itself composed of: Concentration, loss of self-consciousness, time distortion, and telepresence”. Flow experience has a significant influence since it represents the degree of involvement in a task (Van Schaik and Ling 2012). According to Heutte and Fenouillet (2010), the state of flow has 4 dimensions: cognitive absorption, altered perception of time, lack of concern about oneself and well-being of the user. State of flow is a criterion for tool acceptance as positive experience and satisfying subjective state, which makes someone wishing to extend the action or the use in progress. Benefits of flow in tool use have been shown by many authors, see Finneran and Zhang (2003), Ghani (1991), Ghani and Deshpande (1994) and Trevino and Webster (1992).

2.5 User-experience approach

Another dimension of the literature about acceptance and acceptability focuses on the importance of the use-related situation, context and experience as holistic unit, which determines our acceptance. This theoretical framework uses a mix of all the criteria exposed in precedent frameworks. Historically, two theoretical ruptures are being set. On the one hand, acceptance is gained in a given context (for example professional context, see Docq and Daele 2001), therefore tool use being part of situated action. A tool is always considered in a real context of use and implementation. Besides it is never acquired but rather challenged by each situation and varies among individuals (Bobillier-Chaumon and Dubois 2009). The importance of the context and the environment had already been studied in psychology and biology, in particular with the concept of affordance (i.e. the idea that our cognition is contextualized in relation to the environment, with a set of action possibilities in an environment; see Gibson 1979) and the concept of enaction by Varela et al. (1993, i.e. the idea of “structural coupling” with the environment because our cognition is embodied, in interaction with self-environment, and the experience is a dynamic structure, inseparable from our environment). On the other hand, many authors now employ the term user experience (UX), while others use the expression human–computer interaction (Brangier et al. 2009). The general idea of user experience is to consider the experience and the dynamics of interaction, with the idea that this dynamic in the user experience can influence the tool user socially (Brangier et al. 2010). Morville (2004) gives those criteria of UX: useful, usable, valuable, desirable, findable, credible and accessible. Models of UX are based on the evaluative judgment of experience, with a global tool value and a holistic approach. In this approach, interaction and success of interaction are

explained by a final evaluating opinion that includes a set of criteria, rather than an acceptance mechanism as previous models.

In Hassenzahl’s UX model, there is a distinction between the designer’s perspective and the user’s perspective; UX is inseparable from these two actors. In addition to conventional criteria (efficiency, security, etc.), the criteria for acceptance are pragmatic qualities (productivity-oriented and associated with system manipulation) and hedonic qualities (associated with the resonance of the use in the subject, i.e. evocation, stimulation and identification; Hassenzahl et al. 2000) In addition, some criteria are associated with the tool: content, presentation, functionality and interaction.

Another famous UX model is the CUE model by Thüring and Mahlke (Mahlke 2008; Mahlke and Thüring 2007). In this model, there are three clusters of criteria: perception of instrumental quality (pragmatic quality, usefulness of content), emotional reactions (positive affect and negative affect) and perception of non-instrumental qualities (hedonic quality, perceived enjoyment). As in Hassenzahl’s model, there is a distinction between hedonic criteria (non-instrumental qualities) and production-oriented criteria (instrumental qualities). Those criteria will lead to user-experience outcomes, composed by an overall evaluation (on beauty and goodness) and behavioural intention to use. In addition to those components of UX, the model takes into account some interaction characteristics, such as user characteristics (intrinsic motivation, need for cognition), task/context characteristics (mode of use) and perceived artefact characteristics (perceived aesthetics, user interface design, disorientation, adequacy of information and accessibility).

Another concept in UX is symbiosis. Licklider (1960) was well anterior to the UX concept, but he was the first to evoke the concept of symbiosis. The concept of symbiosis means a co-evolution. The symbiosis is “the hybridization between human and technology, also called symbiosis, neosymbiosis or technosymbiosis” (Brangier and Hammes-Adelé 2011). For Brangier and Hammes-Adelé (2011), symbiosis between the tool and the user is defined by (1) a co-extension (an information transfer), (2) a co-evolution (an improvement of both parts, with a competition between both parts), (3) a co-action (i.e. continuous feedback) and 4) a co-dependency. The tool and the user must have those four criteria to be symbiotic. Brangier et al. (2009) give examples of ergonomic criteria involved in the symbiotic tool–user relationship. The main contribution of this approach is the fact that the preferred system is the one that increases the most our capacities (Licklider 1960), amplifies our cognition and improves human assistance (Brangier et al. 2010). To summarize, the more skilful a technology, the more it increases the chances of producing a symbiotic relationship, and therefore a good acceptance of technology.

Finally, we can note that the distinction between user-experience models and classical acceptance model is not so clear, and differences are probably small, given the issues raised by the UX approach. For example, the importance of the environment, the dynamics of acceptance, the co-evolution of the tool and the individual have been raised by researchers linked to models of acceptance. However, this does not mean that this approach is in vain: while some researchers like Van Schaik and Ling (2012) use the term of experience of interaction, others like Barcenilla and Bastien (2009) describe the experience of a user as scattered experience, to emphasise how difficult is it to enter the experience of the user, which is multidimensional. Proulx (2002) evoked adoption trajectory and trajectory use. So beyond theoretical and partisan struggles, the important idea is that there is multidimensionality and complexity of the situation in tool adoption. User-experience approach can measure what the tool gives to the user in terms of feelings and emotions and integrates the experiential part on acceptance's issue.

2.6 Independent criteria

Other researchers made suggestions without necessarily creating a model or being part of a theoretical trend or another. We can mention: aesthetics criteria (Bonnardel et al. 2011; Tractinsky 1997), importance of emotional design (Norman 2004), trust (or confidence) in tool, which predicts acceptability and intend to continued use (Biaassoni et al. 2016; Kazi et al. 2007; Lankton and Harrison McKnight 2014; Sætren and Laumann 2015). User profile (age, level of education, gender, user characteristic, past use, cognitive skills, etc.) is also a frequently mentioned criterion that modifies tool use (Agarwal and Prasad 1999; Beier and Ackerman 2005; Compeau et al. 1999; Czaja et al. 2006; Freudenthal and Mook 2003; Gefen and Straub 1997; Johnson and Kent 2007; King and He 2006; Mathieu and Zajac 1990; Meyer and Allen 1984; Umemuro 2004; Venkatesh and Morris 2000). The attitude towards technology is also a criterion found in the literature (Al-Gahtani and King 1999; Blackwell et al. 2014; Czaja et al. 2006; Pommeranz et al. 2012; Selim 2007). Cognitive load is also a criterion mentioned by Debue et al. (2013), and finally quality of information (the content of information system and its complexity for the user) is a criterion in the literature (Biaassoni et al. 2016; Swanson 1982).

The decision theory (or theory of decision-making) from applied mathematics can also bring knowledge about tool acceptance, including user choice and strategies used to make a decision (Montmain et al. 2005), in our case to select a tool and adopt continuous use. Models of deductive reasoning in decision-making are based on the concept of maximum gain: people choose the least risky solution (Baratgin 2002). Bayesian theory of reasoning is a reference theory

(Cozic 2005), assuming that decision is selected according to criterion of expected utility (Cozic 2005); decision-making is therefore based on the principle of probability of natural states. A certain probability is associated with every choice, and an individual will use the tool with the highest probability of maximizing his gain. Meanwhile, Espinasse (2009) emphasizes the need for studying the issue of the rationality of the decision-maker. For example, transitivity which is conventionally a mathematical relationship accepted in Bayesian and expected utility models is not necessarily valid for a given decision-making. For example, if an individual prefers A to B and B to C, the same individual will not necessarily prefer A to C (Tsoukias 2006; Tversky 1969). Individuals are not rational and logical subjects (Tversky 1969), and that increases the difficulty to understand and modelize their behaviour with a tool. Also, during the 1960s, it was found that several decision criteria can be in competition (Tsoukias 2006), and that it is not only a unique gain function. Another point is the differences between collective and individual decisions. There are collective decisions that everyone takes, but also some individuals do not adhere to these collective choices and have a taste for autonomy. Montmain et al. (2005) highlighted the existence of individual differences in terms of heuristic, particularly due to the existence of cognitive biases that vary among individuals but also the personality of decision-makers. For example, some individuals may be more intuitive and others more rational. Several results on decision theory applied to a group, including the work of Rockenbach et al. (2007), show that a group will be the most effective because a group can accumulate more gains expected at low risk levels. Finally, Baker et al. (2008) and Shupp and Williams (2008) have shown that groups are more aversive for low than high probabilities of gains.

3 The need for a new reading grid

3.1 General overview

To summarize, we can refer to this diagram of the historical evolution of the criteria of acceptability and acceptance (Fig. 1). Even if, as we have seen, there are many theories and approaches, five main approaches emerge: (a) the social psychological approach, like the TRA and TPB, with three criteria that stand out: norms, attitude and beliefs and (b) the ergonomics approach, with studies in ergonomics and the development of standards; this approach has mainly brought the criteria of accessibility, aesthetic and usability. These two approaches are the pillars of acceptance theories and have greatly influenced the following theories and researches. Subsequently, two other models have been developed with the contributions of a multitude of researchers: (c) productivity-oriented

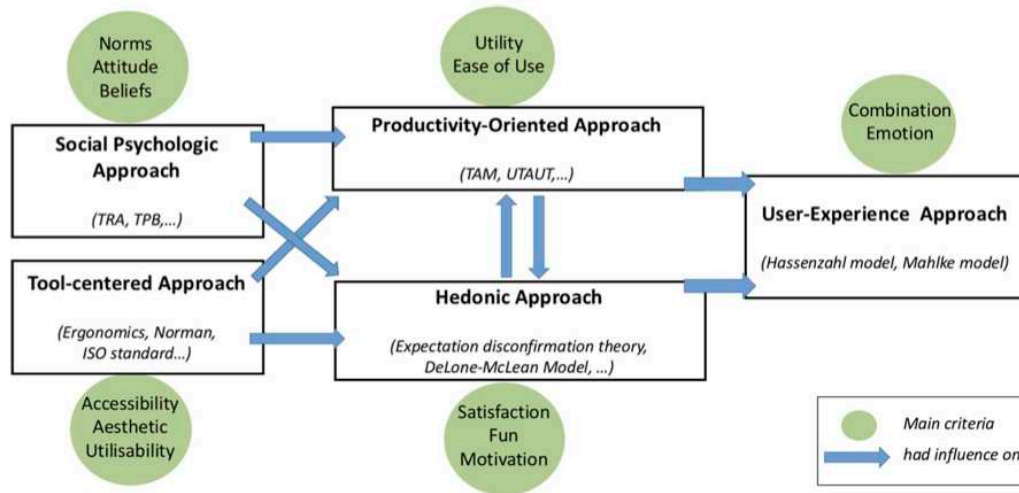


Fig. 1 Different approaches to acceptance and acceptability

approach, with, for example, TAM and UTAUT, whose main criteria are utility and ease of use and (d) hedonic approach, with, for example, expectation disconfirmation theory or the DeLone–McLean Model, which stresses the importance of criteria of satisfaction, fun enjoyment or motivation. Shortly after, and influenced by the two models mentioned earlier, the user-experience approach (e) has emerged; one can mention in particular Hassenzahl’s model and Mahlke’s model, which propose as criteria a mix of most but not all the previous criteria and underline the importance of the subjects’ emotional and subjective experience.

3.2 Articles inclusion

In order to quantify and qualify acceptance and acceptability criteria, we have identified a set of criteria present in the literature. The literature review was made by using a qualitative and analytic search method on the available literature, inspired by the method used for the meta-analysis described in Hancock et al. (2011). The choice of papers concerned by our sample was done in two steps: in a first step, we used the digital library search engines PsycINFO and Google Scholar, we have typed the following keywords: “acceptance”, “acceptability”, “technology adoption”, “acceptance model”, “acceptability model”, “tool acceptance”, “tool acceptability”. Each keyword was a search in its own right. To be considered, papers had to respect two conditions: (a) deal with tool acceptance or acceptability and (b) propose at least one criterion of tool acceptance, experimentally or theoretically. In this way, we were able to retrieve 129 articles at the date of January 2017. In a second step and to

increase the corpus of papers, we added papers that were referenced in those 129 selected articles but not in the initial digital library search. Thus, 53 new articles were included, bringing the total at 182 articles, published between 1959 and 2016, all offering one or more criteria for the acceptance or acceptability of the tool.

3.3 Criteria identification

The selected articles were then sorted by approaches (those described in Sect. 3.1.). For each paper, we identified all criteria of acceptance or acceptability quoted. The identification and treatment of the criteria was done individually by three experts in ergonomics or cognitive psychology. At this stage, the role of the experts was: confirm the validity of a criterion and an article, remove duplicates and to compile a single list of criteria supposed to represent the literature. Altogether, the evaluation of the experts allowed to identify 142 criteria of acceptance or acceptability.

3.4 Meta-criteria identification

In a second step, each expert individually sorted the 142 criteria, identifying the commonalities that existed between them. For example, by studying their definitions in the papers concerned, an expert could establish that the criteria gain, benefits and results, from three different studies, could be grouped together, since the terms used to define it had multiple similarities. Thus, each expert subjectively assigned each criterion to a meta-criterion, until all criteria are assigned. Subsequently, all the experts came together to confront their opinions and find a common solution when required. The purpose of this pooling was to: (a) confront

their choice of meta-criteria, in order to define the minimum number of meta-criteria necessary to accommodate all the criteria, (b) to discuss the assignment of each criterion to meta-criteria and (c) to discuss conflicting items in order to reach consensus for each criterion. Following the individual and collective evaluation of the criteria by the experts, five clusters emerged. In case of unsolved conflict between experts, we assigned the criterion to the cluster “Overall Judgment” which groups the criteria that can belong to several criteria. Using this method, we were able to assign all of criteria in the five clusters identified.

3.5 Methodological choices and limits

It is important to recognize the limits of our approach: we assume the subjectivity of the method, in particular because each assignment of a criterion to a meta-criterion can be debated. However, by conducting an analysis by experts individually and then collectively to assign our criteria, this was done in the most unambiguous way possible. We chose to take a global approach, accepting papers that dealt with different type of tools. In our case, our sample did not focus on a single type of tool, the only condition to be related to the issue of acceptance or acceptability criteria. Our review of the literature allowed us to group papers concerning two major families of tools: computer tools (computers, learning tools, website, software, etc.) and other tools (car, ICT, smartphones, management or health items, etc.). All the tools involved were related to new technologies. Our method of considering all types of tools without differentiating them is based on two observations: firstly, because the issue of the classification of tools is also subject to debate, secondly focusing on a single tool category would have limited the scope of the literature review. For example, focusing only on computers limits us to models and theories about computer use, which deprives our review of a number of acceptance criteria and theories. A more local approach would have been possible, doing the same work on a certain type of tool only; however, the results would have been different: the level of information would have been more in-depth for this type of tool, but we could not have been able to draw general conclusions about the acceptance of tools in an undifferentiated way. Both types of approaches have strengths and weaknesses, and we assume the consequences of our overall approach, with the weaknesses it may contain. This work therefore calls for other and more specialized work that will enrich the results provided here.

3.6 Results of meta-criteria sorting

This review on acceptance and this inventory of criteria can allow a proposition of a new reading grid, according to five clusters based on the literature: utility, ease of use, aesthetics,

contextual and social differences and overall judgement. A total of 142 criteria of acceptance or acceptability have been identified, listed and sorted according to our five clusters (33 in utility, 37 in ease of use, 4 in aesthetics, 44 in contextual and social differences and 24 in overall judgment). The goal of this classification is to synthesize the similar criteria. Many approaches or theories use new words associated with old concepts, doing nothing more than make the problem more complicated. To give an example, perceived usefulness is a criterion mentioned in the TAM model. This criterion can be found in many other models and approaches, but under other names: for example, in the Hassenzahl’s model it is present under the name of production-oriented criteria or under the name of instrumental quality in the CUE model by Thüring and Mahlke. Moreover, the different researchers working on acceptance are not working in the same disciplines and do not have the same research interests (while psychologists focus on cognition, engineers focus on tools, ergonomists highlight the use, economists are interested in performances and anthropologists in human), so researchers tend to describe the same phenomenon from a different perspective and with different words. In short, there are many concepts and criteria in the literature because this is the same problem seen through different prisms, implying an unnecessary multiplication of concepts. Regrouping those 142 criteria in five clusters, composed of four main meta-criteria (utility, ease of use, aesthetic and contextual and social differences) and an independent cluster (overall judgement), can be an effective way to better understand the phenomenon of acceptance and help to clarify the domain for future researches. Each meta-criterion transcends the different approaches and represents common points between different approaches. The four meta-criteria are defined as follows: (1) utility is focused on production. It expresses the purpose of the tool and its function. Utility is summed up by this question: what to do or produce with the tool? (2) Ease of use, which expresses the means of reaching the goal, the difficulty of use of the tool, associated cognitive and/or physical cost. In sum: how difficult is it to manipulate the tool? (3) Aesthetic, which is a judgment of the agreeability of the tool and refers to the aesthetics features. In sum: is the tool pleasant and appealing to me? (4) Contextual and social differences. This meta-criterion contains all criteria for individual, social, psychological, cultural, contextual and organizational differences specific to each user or group in which the user is inserted. It considers the relationship between the tool and the user from the point of view of user perception and personal history and addresses the issue of acceptance taking into account social and contextual variability. In case of doubt, hesitation or disagreement between experts concerning a criterion, we assigned the criterion to the cluster overall judgment which groups the criteria that can belong to several criteria. Using this method, we were able to assign all of criteria in five clusters.

Table 1 Criteria matching for each meta-criterion: utility, ease of use, aesthetics, contextual and social differences, and overall judgement

Meta-criteria	Criteria
Utility	Effectiveness, expectations of results, extrinsic motivation, flexibility, gain , importance of the system to one's job, instrumental qualities (production oriented) , job effectiveness, job relevance, maximization of gain , needs of individuals and groups , perceived behavioral control, perceived usefulness , perceived utility, performance , performance expectancy , positive benefits , power (utility) , productivity, purpose, quality output, relative advantage , reliability, result, result demonstrability , self-efficacy , service quality, sharing knowledge, system quality, trialability, usability , user friendliness, utility
Ease of use	Accessibility , belief in the fulfilment, cognitive load , complexity , cost , ease of learning, ease of use, ease of use perceived by user, easy to remember, easy to learn, efficiency, efficient to use, effort expectancy , facilitating conditions , few errors, flexibility, information in the environment, information quality, learnability, learning difficulty, managerial action/support, maniability, mental stress, operability, organizational context , perceived behavioural control, perceived ease of use , difficulty to perform for user, physical effort, pragmatic qualities (manipulation) , responsiveness of tool, self-efficacy , support system , characteristics, time saving, usability , user friendliness
Aesthetics	Aesthetics , image, information in the environment , visibility
contextual and social differences	Active experience , age, attitude , beliefs and desires , cognitive absorption, cognitive skills, collective intelligence, compatibility, computer, anxiety, concentration, context, education level, engagement experience, flow , gender, habit , intelligence, lack of concern, learner characteristics , level of education, managerial action/support, motivation , organization , organizational context, participation in training, past use, place, reliability, self-efficacy , social acceptability , social factors, social influence , subjective norm , subjective standards, technophobia, telepresence, time distortion, user profiles , values , vicarious experience, visibility, voluntariness of use, voluntarism
Overall judgment	Affect/emotions, behavioural intention to use, beliefs , compatibility, emotional reactions , evaluations, funology, hedonic attributes , influence of the support, intention , intrinsic motivation, joy of use, non-instrumental qualities (hedonic), perceived enjoyment , pleasure, positive experience , quality perceived by user, satisfaction, subjectively pleasing, sym-biosis , trust , user satisfaction , well-being

3.7 Meta-criteria ponderation

3.7.1 Including all criteria

Each of the 142 criteria has been weighed between 0 and 1. If a criterion corresponds to one of our four meta-criteria, it has the weight of 1 in a meta-criterion. For example, "perceived usefulness" is ranked in the meta-criterion "utility" with a weight of 1. Otherwise, if it divides between several meta-criteria, we divide its weight by the number of meta-criteria to which it belongs. For example, the criterion "user satisfaction" belongs to both the meta-criteria utility, ease of use and aesthetics, so it is weighted to 0.333 in each of the three meta-criteria. In short, the weight of a criterion is equal to one divided by the number of meta-criteria concerned by this criterion. These four meta-criteria can account for all the criteria of the acceptance and acceptability present in the literature we found. 64.7% of the 142 criteria identified in the literature fit in utility, ease of use or aesthetics. More precisely, the meta-criterion of utility takes into consideration 27.1% of 142 criteria, ease of use 29.6% and aesthetics 8%. The 35.3% of the 142 criteria that do not fit into those first three meta-criteria fall in the fourth one: contextual and individual differences, because related to individual users or groups of users differences. *Including the main criteria for each theory*, each theory or model has a main criterion, i.e. its most influential criterion. Main criteria are used because this review does not describe how criteria are related (a criterion can be composed of sub-criteria or accompanied by

less important criteria in a model); using main criteria is therefore a way of highlighting some criteria. If only main criteria are kept, and less important criteria not considered anymore (those with lesser influence in the considered theory), only 52 criteria are left; those criteria are the main representative of each approach. 70.5% of those 52 criteria fit in the meta-criteria of utility, ease of use or aesthetics (28.3% of criteria found in the literature match with utility, 33.6% with ease of use and 8.6% with aesthetics). Table 1 shows which criteria are in each meta-criterion, and main criteria are in bold. Criteria in the cluster overall judgement are criteria which fit the four meta-criteria utility, ease of use, aesthetics and contextual and social difference. Unlike the other four, this cluster is not a meta-criterion but a cluster created to classify criteria that are not independent from the four meta-criteria.

3.8 Theory-by-theory

The theory-by-theory analysis is that each theory refers to the identified meta-criteria differently, paying particular attention to some and neglecting others (Fig. 2). Those results underline that each theoretical framework proposes a different view based on a particular equilibrium between the four meta-criteria.

Ergonomics models mainly used ease of use criteria, because they are tool-centred, based on accessibility and manipulation of tool to explain acceptance. Obviously, contextual and social differences criteria are mainly developed

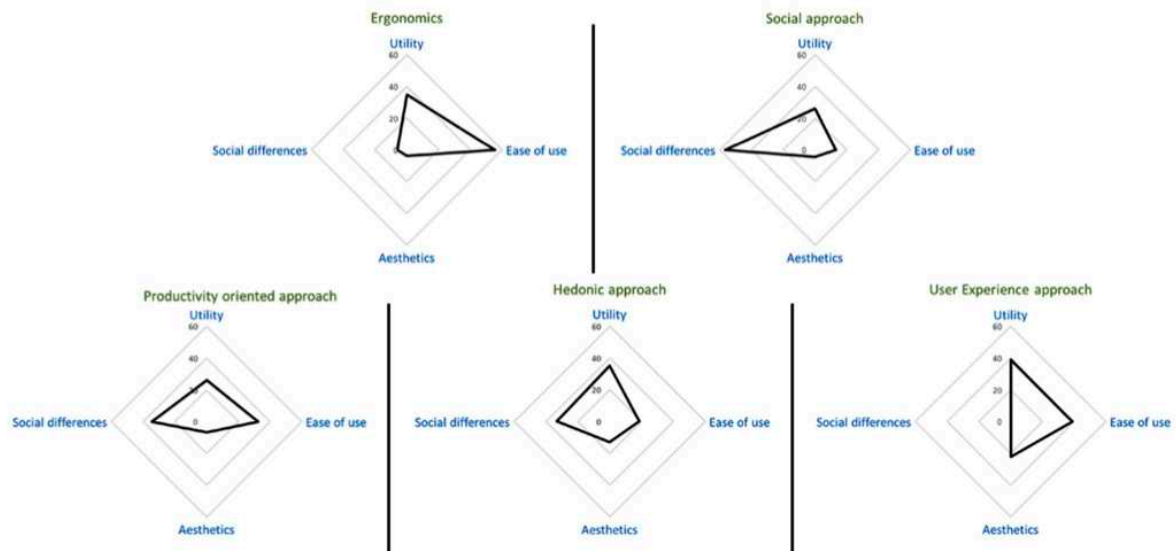


Fig. 2 Proportion of criteria for each approach. Each of the theoretical approaches is described as a radar diagram. Values represent ratio of criteria (in percentage) for each meta-criterion

by social cognition approach, because this approach focuses on variability between user, social attitude and norms linked to tool use. Productivity-oriented approach is the first approach to insist on the importance of utility, but because this approach is historically influenced by social and ergonomics framework, it also includes social differences and ease of use criteria. Hedonic approach is also fairly balanced in its distribution between criteria, mainly because these models use satisfaction as a main criterion, which is a criterion that relates to utility, ease and aesthetics simultaneously, because the user has to be satisfied according to several aspects related to the tool. Finally, UX models are balanced between three criteria linked with tool, namely utility, ease of use and aesthetics, because this framework uses all criteria of previous model, adding emotions as a global judgment on its three criteria.

4 Conclusion

In conclusion following the study of the literature in the field of acceptance, acceptability and technology adoption, the following elements can be retained: the literature suggests a large number of criteria for acceptance, so it seems a priori difficult to propose a single explanatory criterion. However, some criteria are more quoted than others, and a classification into four meta-criteria is offered here. Three meta-criteria directly linked to the tool (utility, ease of use and aesthetics) can explain the majority (65% of the 142

criteria and 70% of 52 main criteria) of the phenomenon of acceptance according to the literature. A fourth meta-criterion, contextual, individual and social differences, explains the variability in the tools adoption experiences.

Moreover, acceptance and acceptability appear as subjective. With the importance of individual factors and importance of criteria which vary according to authors and studies, it seems difficult to propose a universal model, but the review done here in this manuscript can give some keys: first, the subject is a psychological socially situated actor; using the tool in a given context with a specific task, the influence of the environment and the internalization of experience (judgment, emotions, attitude, motivation, etc.) by the user is important. Use and acceptance are temporary and dynamic, and it maybe explains why there is a large variability of result in the literature. Relationship between user and tool is multidimensional. It means that a longitudinal study will be better than a one-time evaluation. Moreover, according to our results, future studies on acceptance have to limit criteria to the three main criteria in relation with tool: utility, ease of use and aesthetics. Variability between subjects can be taken into account with a fourth meta-criteria of contextual and social differences.

Most of studies in the literature are based on a certain type of tool (digital tools like computers, websites or digital applications or softwares) with a forced or guided use for user, so future studies have to investigate different tools and different methodologies in order to be exhaustive. A next

step in this study could be to validate this choice of criterion by presenting to subjects a task with different tools varying according to these main criteria.

Acknowledgements This work was supported by Grants from ANR (Project “Cognition et économie liée à l’outil/Cognition and tool-use economy” ECOTOOL; ANR-14-CE30-0015-01) and was performed within the framework of the LABEX CORTEX (ANR-11-LABX-0042) of Université de Lyon, within the programme “Investissements d’Avenir” (ANR-11-IDEX-0007) operated by the French National Research Agency (ANR). There are no conflicts of interest.

References

- Agarwal R, Prasad J (1999) Are individual differences germane to the acceptance of new information technologies? *Decis Sci* 30(2):361–391
- Ajzen I (1991) The theory of planned behaviour. *Organ Behav Hum Decis* 50(2):179–211
- Ajzen I, Fishbein M (1980) Understanding attitudes and predicting social behaviour. Prentice-Hall, Englewood Cliffs
- Al-Gahtani SS, King M (1999) Attitudes, satisfaction and usage: factors contributing to each in the acceptance of information technology. *Behav Inform Technol* 18(4):277–297
- Bailey E, Pearson SW (1983) Development of a tool for measuring and analyzing computer user satisfaction. *Manage Sci* 29(5):530–545
- Baker RJ, Laury SK, Williams AW (2008) Comparing group and individual behavior in lottery-choice experiments. *South Econ J* 75(2):367–382
- Bandura A (1977) Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioural change. *Psychol Rev* 84(2):191–215
- Bandura A (1982) Self-efficacy mechanism in human agency. *Am Psychol* 37(2):122–147
- Bandura A (1997) Auto-efficacité, le sentiment d’efficacité personnelle. De Boeck Université, Bruxelles
- Baratgin J (2002) Le jugement probabiliste. In: Politzer G (ed) *Le raisonnement humain*, pp 241–270
- Barcenilla J, Bastien JMC (2009) L’acceptabilité des nouvelles technologies: Quelles relations avec l’ergonomie, l’utilisabilité et l’expérience utilisateur? *Trav Humain* 72(4):311–331
- Bastien JMC, Scapin DL (1992) A validation of ergonomic criteria for the evaluation of human–computer interfaces. *Int J Hum Comput Interact* 4(2):183–196
- Bastien JMC, Scapin DL, Leulier C (1998) Une comparaison des critères ergonomiques et des principes de dialogue ISO 9241-10 dans une tâche d’évaluation d’interface. *Int J Hum Comput Interact* 1(1):33–63
- Beach LR, Mitchell TR (1978) A contingency model for the selection of decision strategies review. *Acad Manag Rev* 3(3):439–449
- Beier ME, Ackerman PL (2005) Age, ability, and the role of knowledge on the acquisition of new domain knowledge: promising results in a real-world learning environment. *Psychol Aging* 20(2):341–355
- Beillerot J (2004) De l’apprentissage social au sentiment d’efficacité personnelle. Autour de l’œuvre d’Albert Bandura. L’Harmattan, Paris
- Bevan N (2001) International standards for HCI and usability. *Int J Hum Comput Stud* 55(4):532–552
- Bhattacharjee A (2001) Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. *MIS Q* 25(3):351–370
- Bhattacharjee A, Premkumar G (2004) Understanding changes in belief and attitude toward information technology usage: a theoretical model and longitudinal test. *MIS Q* 28(2):351–370
- Biassoni F, Ruscio D, Ciceri R (2016) Limitations and automation. The role of information about device-specific features in ADAS acceptability. *Saf Sci* 85(1):179–186
- Blackwell CK, Lauricella AR, Wartella E (2014) Factors influencing digital technology use in early childhood education. *Comput Educ* 77(1):82–90
- Bobillier-Chaumon MÉ, Dubois M (2009) L’adoption des technologies en situation professionnelle: Quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation? *Trav Humain* 72(4):355–382
- Bonnardel N, Piolat A, Le Bigot L (2011) The impact of colour on website appeal and users’ cognitive processes. *Displays* 32(2):69–80
- Brangier E, Hammes-Adelé S (2011) Beyond the technology acceptance model: elements to validate the human-technology symbiosis model. In: Robertson MM (ed) *Ergonomics and health aspects*, pp 13–21
- Brangier E, Dufresne A, Hammes-Adelé S (2009) Approche symbiotique de la relation humain-technologie: perspectives pour l’ergonomie informatique. *Trav Humain* 72(4):333–353
- Brangier E, Hammes-Adelé S, Bastien JMC (2010) Analyse critique des approches de l’acceptation des technologies: De l’utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation. *Eur Rev Appl Psychol* 60(2):129–146
- Brosnan MJ (1999) Modeling technophobia: a case for word processing. *Comput Human Behav* 15(2):105–121
- Chau PYK (1996) An empirical investigation on factors affecting the acceptance of CASE by systems developers. *Inform Manag* 30(6):269–280
- Chau PYK, Hu PJ (2002) Investigating healthcare professionals’ decisions to accept telemedicine technology: an empirical test of competing theories. *Inform Manag* 39(4):297–311
- Compeau DR, Higgins CA (1995) Computer self-efficacy: development of a measure and initial test. *MIS Q* 19(2):189–211
- Compeau DR, Higgins CA, Huff S (1999) Social cognitive theory and individual reactions to computing technology: a longitudinal study. *MIS Q* 23(2):145–158
- Cozic M (2005) Fondements cognitifs du choix en rationalité limitée. Dissertation, Université Paris 4
- Csikszentmihalyi M (1990) *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper and Row, New York
- Cyert R, March JA (1963) *A behavioural theory of the firm*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs
- Czaja SJ, Charness N, Fisk AD, Hertzog C, Nair SN, Rogers WA, Sharit J (2006) Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychol Aging* 21(2):333–352
- Dahab D (2001) Les déterminants de l’acceptation des technologies de l’information et de la communication par les utilisateurs finaux: application à la messagerie électronique dans une organisation industrielle. Dissertation, Université de Toulouse
- Davis FD (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q* 13(3):319–340
- Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR (1989) User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Manag Sci* 35(8):982–1003
- Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR (1992) Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *J Appl Soc Psychol* 22(14):1111–1132
- Debue N, Hellemans C, Van De Leemput C (2013) Acceptabilité des sites web et ergonomie de l’interface: Etude de l’influence de l’utilisabilité objective et de la charge cognitive. *Int J Hum Comput Interact* 14(2):1–24

- DeLone WH, McLean ER (1992) Information systems success: the quest for the dependant variable. *Inform Syst Res* 3(1):60–95
- DeLone WH, McLean ER (2003) The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update. *J Manag Inform Syst* 19(4):9–30
- Dillon A, Morris MG (1996) User acceptance of information technology: theories and models. *Annu Rev Inform Sci* 31(1):3–32
- Docq F, Daele A (2001) Uses of ICT tools for CSCL: how do students make as their's own the designed? In: Dillenbourg, Eurelings and Hakkarainen (ed) *European perspectives on computer-supported collaborative learning*, Maastricht, pp 197–204
- Doll WJ, Torkzadeh G (1988) The measurement of end-user computing satisfaction. *MIS Q* 12(2):259–274
- Dubois M, Bobillier-Chaumon MÉ (2009) L'acceptabilité des technologies: bilans et nouvelles perspectives. *Trav Humain* 72(4):305–310
- Erasmus E, Rothmann S, Van Eeden C (2015) A structural model of technology acceptance. *SA J Ind Psychol* 41(1):1222
- Espinasse B (2009) Analyse de la décision dans le risque. Lsis. <http://www.lsis.org/espinasseb/Supports/MOAD-2009/3-AnalyseDecisionRisques-2009-4P.pdf>. Accessed Mar 2007
- Février F (2011) Vers un modèle intégrateur “expérience-acceptation”: rôle des affects et de caractéristiques personnelles et contextuelles dans la détermination des intentions d'usage d'un environnement numérique de travail. Dissertation, Université Rennes 2
- Février F, Jamet E, Rouxel G (2008) Quel outil d'évaluation de l'acceptabilité des nouvelles technologies pour les études francophones? In: ACM Press (ed) *Proceedings of IHM*, New York, pp 199–204
- Finneran C, Zhang P (2003) A Person-Artifact-Task (PAT) model of flow antecedents in computer-mediated environments. *Int J Hum Comput Stud* 59(4):475–496
- Fishbein M, Ajzen I (1975) *Belief, attitude, intention, and behaviour: an introduction to theory and research*. Addison-Wesley, Massachusetts
- Freudenthal A, Mook HJ (2003) The evaluation of an innovative intelligent thermostat interface: universal usability and age differences. *Cognit Technol Work* 5(1):55–66
- Gefen D, Straub DW (1997) Gender differences in the perceptions and use of e-mail: an extension to the technology acceptance model. *MIS Q* 21(4):389–400
- Ghani JA (1991) Flow in human computer interactions: test of a model. In: Carey J (ed) *Human factors in information systems: emerging theoretical bases*. Ablex, Norwood, pp 291–311
- Ghani JA, Deshpande SP (1994) Task characteristics and the experience of optimal flow in human-computer interaction. *J Psychol* 128(4):381–391
- Ghazizadeh M, Lee JD, Boyle LN (2012) Extending the Technology Acceptance Model to assess automation. *Cognit Technol Work* 14(1):39–49
- Gibson JJ (1979) *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin, Boston
- Hammes-Adelé S (2011) Traduction temporelle de la relation humain-technologie-organisation: validation et perspectives autour de la symbiose. Dissertation, Université de Lorraine
- Hancock PA, Billings DR, Schaefer KE, Chen JYC, Visser EJ, Parasuraman R, Mason G (2011) A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Hum Factors* 53(5):517–527
- Harvey C (2011) Modelling and evaluating drivers' interactions with in-vehicle information systems (IVIS). Dissertation, University of Southampton
- Harvey C, Neville A, Stanton C, Pickering A, McDonald M, Zheng P (2011) A usability evaluation toolkit for In-Vehicle Information Systems (IVIS). *Appl Ergon* 42(4):563–574
- Hassenzahl M, Platze A, Burmester M, Lehner K (2000) Hedonic and ergonomic quality aspects determine a software's appeal. In: *Proceedings of ACM conference on human factors in computing systems*, ACM Press, New York, pp 201–208
- Heutte J, Fenouillet F (2010) Propositions pour une mesure de l'expérience optimale (état de Flow) en contexte éducatif. In: *Actes du 26e congrès international d'actualité de la recherche en éducation et en formation*, Genève, Suisse
- Hsu C, Lin J (2008) Acceptance of blog usage: the roles of technology acceptance, social influence and knowledge sharing motivation. *Inform Manag* 45(1):65–74
- Igbaria M, Zinatelli N, Cragg P, Cavaye A (1997) Personal computing acceptance factors in small firms: a structural equation model. *MIS Q* 21(3):279–302
- ISO/IEC (1998) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT), guidance on usability. <https://www.iso.org/fr/standard/16883.html>
- Jackson CM, Chow S, Leitch RA (1997) Toward an understanding of the behavioural intention to use an information system. *Decis Sci* 28(2):357–389
- Johnson R, Kent S (2007) Designing universal access: web-applications for the elderly and disabled. *Cognit Technol Work* 9(4):209–218
- Johnson EJ, Payne JW (1985) Effort and accuracy in choice. *Manage Sci* 31(4):395–414
- Kazi TA, Stanton NA, Walker GH, Young MS (2007) Designer driving: drivers' conceptual models and level of trust in adaptive cruise control. *Int J Veh Des* 45(3):339–360
- Keil M, Beranek PM, Konsynski BR (1995) Usefulness and ease of use: field study evidence regarding task considerations. *Decis Support Syst* 13(1):75–91
- King WR, He R (2006) A meta-analysis of the technology acceptance model. *Inform Manag* 43(6):740–755
- Koh CE, Prybutok VR, Ryan SD, Wu Y (2010) A model for mandatory use of software technologies: an integrative approach by applying multiple levels of abstraction of informing science. *Inf Sci J* 13(1):177–203
- Lankton N, Harrison McKnight D (2014) Using expectation disconfirmation theory to predict technology trust and usage continuance intentions. *J Strateg Inf Syst* 23(2):128–145
- Lee YK, Kenneth A, Larsen KRT (2003) The technology acceptance model: past, present, and future. *Commun Assoc Inf Syst* 12(50):752–780
- Lee MKO, Cheung CMK, Chen Z (2005) Acceptance of internet-based learning medium: the role of extrinsic and intrinsic motivation. *Inform Manag* 42(8):1095–1104
- Legris P, Ingham J, Collette P (2003) Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Inform Manag* 40(3):191–204
- Li L (2008) A critical review of technology acceptance literature, Grambling State University. http://www.swdsi.org/swdsi2010/sw2010_preceedings/papers/pa104.pdf. Accessed March 2017
- Licklider JCR (1960) Man-computer symbiosis. In: Mayer P (ed) *Computer Media and Communication*. Oxford University Press, Oxford
- Lindgaard G, Dudek C (2003) What is this evasive beast we call satisfaction? *Interact Comput* 15(3):429–452
- Luarn P, Lin HH (2005) Toward an understanding of the behavioural intention to use mobile banking. *Comput Hum Behav* 21(6):873–891
- Lucas HCJ, Spittler VK (1999) Technology use and performance: a field study of broker workstations. *Decis Sci* 30(2):291–311
- Mahlke S (2008) User experience of interaction with technical systems. VDM, Saarbrücken
- Mahlke S, Thüring M (2007) Studying antecedents of emotional experiences in interactive contexts. In: *Proceedings of the CHI conference*, ACM, pp 915–918
- Malhotra Y, Galletta DF (1999) Extending the technology acceptance model to account for social influence: Theoretical bases and

- empirical validation. In: Proceedings of the 32nd Hawaii international conference on system sciences, Los Alamitos, pp 6–19
- Mathieu JE, Zajac DM (1990) A review and meta-analysis of the antecedents, correlates and consequences of organizational commitment. *Psychol Bull* 108(2):171–194
- Meyer JP, Allen NJ (1984) Testing the side-bet theory of organizational commitment: some methodological considerations. *J Appl Psychol* 69(3):372–378
- Montmain J, Mauris G, Akharraz A (2005) Elucidation and decisional risk in a multi-criteria decision based on a Choquet integral aggregation: a cybernetic framework. *J Multi-Crit Decis Anal* 13(5):239–258
- Moore GC, Benbasat I (1991) Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Inform Syst Res* 2(3):192–222
- Morville P (2004) User experience design: facets of the user experience. <http://semanticstudios.com/publications/semantics/000029.php>. Accessed March 2017
- Nielsen J (1994) Usability engineering. Academic Press, San Diego
- Norman DA (2004) Emotional design: why we love (or hate) everyday things. Basic Books, New York
- Oliver RL (1980) A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *J Marketing Res* 17(4):460–469
- Oliver RL (1981) Measurement and evaluation of satisfaction processes in retail settings. *J Retail* 57(3):25–48
- Osiurak F, Jarry C, Le Gall D (2010) Grasping the affordances, understanding the reasoning. Toward a dialectical theory of human tool use. *Psychol Rev* 117(2):517–540
- Park SY (2009) An analysis of the technology acceptance model in understanding university students' behavioural intention to use e-learning. *J Educ Technol Soc* 12(3):150–162
- Payne JW, Bettman JR, Johnson EJ (1993) The adaptive decision maker. Cambridge University Press, New York
- Pituch KA, Lee YK (2006) The influence of system characteristics on e-learning use. *Comput Educ* 47(2):222–244
- Pommeranz A, Wiggers P, Brinkman WP, Jonker CM (2012) Social acceptance of negotiation support systems: scenario-based exploration with focus groups and online survey. *Cognit Technol Work* 14(4):299–317
- Proulx S (2002) Trajectoires d'usages des technologies de communication: Les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société du savoir. *Ann Telecommun* 57(3–4):180–189
- Rai A, Lang SS, Welker RB (2002) Assessing the validity of IS success models: an empirical test and rhetorical analysis. *Inf Syst Res* 13(1):50–69
- Rockenbach B, Sadrieh A, Mathauschek B (2007) Teams take the better risks. *J Econ Behav Organ* 63(3):412–422
- Rogers EM (1995) Diffusion of innovations. Free Press, New York
- Romdhane E (2013) La question de l'acceptation des outils de e-learning par les apprenants: Quels dimensions et déterminants en milieu universitaire tunisien? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire* 10(1):46–57
- Sætren GB, Laumann K (2015) Effects of trust in high-risk organizations during technological changes. *Cognit Technol Work* 17(1):131–144
- Seddon PB (1997) A respecification and extension of the DeLone and McLeanModel of IS success. *Inf Syst Res* 8(3):240–253
- Selim HM (2007) Critical success factors for e-learning acceptance: confirmatory factor models. *Comput Educ* 49(2):396–413
- Shackel B (1981) The concept of usability. In: Bennett JL, Case D, Sandelin J, Smith M (eds) Visual display terminals: usability issues and health concerns. Prentice-Hall, Upper Saddle River, pp 45–88
- Shupp RS, Williams AW (2008) Risk preference differentials of small groups and individuals. *Econ J* 118(525):258–283
- Subramanian GH (1994) A replication of perceived usefulness and perceived ease of use measurement. *Decis Sci* 25(5):863–874
- Sun H, Zhang P (2006) The role of moderating factors in user technology acceptance. *Int J Hum Comput Stud* 64(2):53–78
- Swanson EB (1982) Measuring user attitudes in MIS research: a review. *Omega Int J Manag Sci* 10(2):157–165
- Taylor S, Todd PA (1995) Understanding information technology usage: a test of competing models. *Inform Syst Res* 6(2):144–176
- Thompson RL, Higgins CA, Howell JM (1991) Personal computing: toward a conceptual model of utilization. *MIS Q* 15(1):125–143
- Tornatzky LG, Klein KJ (1982) Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: a meta-analysis of findings. *Trans Eng Manag* 29(1):28–45
- Tractinsky N (1997) Aesthetics and apparent usability: empirically assessing cultural and methodological issues. In: CHI 97 conference proceedings, ACM, New York, pp 115–122
- Trevino LK, Webster J (1992) Flow in computer-mediated communication. *Commun Res* 19(5):539–573
- Triandis HC (1977) Interpersonal Behaviour. Brook/Cole, Monterey, CA
- Triandis HC (1980) Values, attitudes and interpersonal behaviour. In: Howe HE, Page MM (ed) Nebraska symposium on motivation. University of Nebraska Press, pp 195–259
- Tricot A, Plégat-Soutjis F, Camps JF, Amiel A, Lutz G, Morcillo A (2003) Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In: Desmoulins C, Marquet P, Bouhineau D (ed) Environnements informatiques pour l'apprentissage humain, pp 391–402
- Tsoukias A (2006) De la théorie de la décision à l'aide à la décision. Concepts et méthodes pour l'aide à la décision: Outils de modélisation. Hermès-Lavoisier, Paris
- Tversky A (1969) Intransitivity of preferences. *Psychol Rev* 76(1):31–48
- Umemuro H (2004) Computer attitude, cognitive abilities, and technology use among older Japanese adults. *Gerontechnology* 3(2):64–76
- Vallerand RJ (1997) Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Adv Exp Soc Psychol* 29(1):271–360
- Van Der Heijden H (2004) User acceptance of hedonic information systems. *MIS Q* 28(4):695–704
- Van Schaik P, Ling J (2012) An experimental analysis of experiential and cognitive variables in web navigation. *Hum Comput Interact* 27(3):199–234
- Varela F, Thomson E, Rosch E (1993) L'inscription corporelle de l'esprit. Seuil, Paris
- Venkatesh V (2005) Technology acceptance: unified model. *J Manag Inf Syst* 7(1):329–331
- Venkatesh V, Davis FD (1996) A model of the antecedents of perceived ease of use: development and test. *Decis Sci* 27(3):451–481
- Venkatesh V, Davis FD (2000) A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. *Manage Sci* 46(2):186–204
- Venkatesh V, Morris MG (2000) Why do not men ever stop to ask for directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *MIS Q* 24(1):115–139
- Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD (2003) User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Q* 27(3):425–478
- Wixom BH, Todd PA (2005) A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance. *Inf Syst Res* 16(1):85–102

II-Article 2 : Hiérarchie des critères de l'acceptation et influence du type d'exposition

Titre : Tool Acceptance And Acceptability : Insights From A Real Tool Use Activity.

Auteurs : Boris Alexandre, François Osiurak, Jordan Navarro & Emanuelle Reynaud

État : En soumission, à *Judgment and Decision Making*

1 Introduction

À la suite de mon travail théorique sur l'acceptation, j'ai pu mettre en place une expérience et obtenir des résultats intéressants sur l'acceptation et l'acceptabilité, exposés dans l'article *Tool Acceptance And Acceptability : Insights From A Real Tool Use Activity*. Dans cette première expérience, j'avais prévu d'utiliser des outils physiques. En effet, j'avais remarqué que la plupart des études sur l'acceptation portait sur des outils virtuel ou cognitifs, comme les sites web, les applications ou les logiciels. Il me paraissait plus simple de « commencer » par des outils à dominance physique. Je voulais également faire utiliser des outils à moyen ou long terme, pour prendre en compte le phénomène de la temporalité dans l'acceptation, et pour ce faire faire venir les participants sur plusieurs séances. Cependant, les participants devant venir plusieurs fois, il me fallait absolument trouver une tâche intéressante pour eux, c'est pourquoi je me suis tourné vers la musique, en décidant de faire utiliser des xylophones à des participants non-musiciens, dans une tâche d'apprentissage musical, afin d'étudier l'acceptation de ces outils.

Le but de mon expérience était double. Nous voulions tout d'abord étudier les différences entre l'acceptabilité (i.e. les jugements et intention d'utiliser l'outil avant d'avoir utilisé l'outil) et l'acceptation (i.e. jugements et intentions par l'utilisateur a posteriori, après une utilisation réelle d'outils à moyen ou long terme). Ensuite, suite à ma revue de la littérature (Article 1) j'avais mis en lumière 4 méta-critères (appelés par la suite critères, pour simplifier), nous voulions donc logiquement examiner les préférences des participants selon ces critères et chercher à déterminer quel critère de l'outil fait qu'il est préféré ou rejeté. Malheureusement, pour des raisons pratiques et méthodologiques, j'ai dû me concentrer sur 3 des critères, en ne gardant que la facilité, l'utilité et l'esthétique. Le but était de mettre les participants face au même outil dupliqué en plusieurs fois, chaque outil pouvant avoir un des 3 critères à un niveau faible ou élevé, portant le total des outils potentiels à huit (par exemple, un outil pouvait être

facile, utile mais pas esthétique, alors qu'un autre pouvait être difficile à utiliser, utile et esthétique). Les quatre xylophones faciles à utiliser étaient joués avec des baguettes normales (solides), alors que les quatre outils difficiles à utiliser étaient joués avec des baguettes modifiées et plus durs à utiliser (souples). Les quatre xylophones utiles avaient des touches qui produisaient un son normal, l'instrument gardait alors pleinement sa fonction, alors que les quatre xylophones qui ne possédaient pas le critère de l'utilité avaient certaines touches vissées de manière à ce qu'un son correct ne puisse plus être produit. Enfin, les quatre xylophones esthétiques étaient peints d'une couleur sombre qui rappelle les bois exotiques et précieux ; les quatre qui n'étaient pas esthétiques étaient d'une couleur jaunâtre, et portaient des marques d'usures et de gribouillages.

Dans une première expérience, les sujets devaient évaluer via des questionnaires chaque outil sur son utilité, sa facilité et son esthétisme, soit en observant une tierce personne utiliser l'outil (60 participants), soit en utilisant l'outil brièvement (10 participants). Cette expérience nous a également permis de valider nos outils (i.e. être sûr qu'un outil qu'on définit comme utile est également défini comme utile par les participants). Une seconde expérience portait sur l'acceptation et l'utilisation à long terme. Durant cette séance, les sujets (30 participants) avaient pour objectif et consignes d'apprendre à jouer du xylophone, avec un apprentissage à long terme (durant cinq séances). De manière générale, nous avons constaté que le type d'exposition à l'outil influence le jugement de l'utilisateur (i.e. comment les utilisateurs évaluent les outils selon leur utilité, facilité, esthétisme). En effet, lors des phases d'acceptabilité, c'est principalement le critère de la facilité qui influence l'utilisateur. A l'inverse, dans les phases d'acceptation, c'est le facteur de l'utilité qui a la plus grande influence. En terme de préférences d'outil, c'est également le critère de l'utilité qui influence le plus les utilisateurs : les outils utiles sont préférés, puis les outils faciles à utiliser ; l'esthétisme n'a que peu d'influence dans les préférences. On observe également une corrélation positive entre le temps passé sur l'outil et la préférence pour ce même outil.

2 Memento des principaux résultats

- Les investigations portant sur la question de l'adoption de l'outil se focalisent soit sur l'acceptabilité (i.e. les jugements et représentations de l'outil par l'utilisateur a priori, avant d'utiliser l'outil), soit sur l'acceptation (i.e. les jugements et représentations de l'outil par l'utilisateur a posteriori, après une utilisation réelle)

- Dans la littérature les expériences portent principalement sur l'acceptabilité, les observations comportementales étant rares, ou avec une exposition à l'outil très faible (i.e. la temporalité n'est pas prise en compte)
- Nous avons exposé les participants à 8 outils (des xylophones) construit sur le même modèle mais variant selon 3 critères : la facilité, l'utilité et l'esthétique. Chaque xylophone possédait ou ne possédait pas chaque critère.
- Une première expérience portant sur l'acceptabilité évalue comment les sujets jugent les outils. Les participants, via des questionnaires, devaient évaluer chaque outil sur son utilité, sa facilité et son esthétique, soit en observant quelqu'un utiliser l'outil (par session vidéo), soit après une courte utilisation unique.
- Une seconde expérience portant sur l'acceptation consistait en une utilisation à long terme de l'outil, via 5 sessions durant lesquelles les sujets apprenaient à jouer du xylophone, en devant à chaque séance donner leur ordre de préférence des outils.
- Les résultats suggèrent que l'exposition à l'outil influence le jugement de l'utilisateur. Il existe une différence des mécanismes de jugement dans l'acceptabilité et l'acceptation, et une différence entre observer un outil et l'utiliser.
- Les résultats indiquent une hiérarchie des critères. Dans la phase d'acceptabilité, c'est le critère de la facilité qui a la plus grande influence. Dans la phase de l'acceptation en revanche, c'est le critère de l'utilité qui a une plus grande influence, que ça soit en terme de préférence (classement des outils) ou de temps passé sur l'outil.

Tool Acceptance And Acceptability: Insights From A Real Tool Use Activity

Boris Alexandre¹, François Osiurak^{1,2}, Jordan Navarro^{1,2} & Emanuelle Reynaud¹

¹Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3082), Université de Lyon, France

²Institut Universitaire de France, Paris, France

Correspondence

Boris Alexandre, Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3082), Institut de Psychologie, 5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron Cedex, France.

Email: boris.alexandre@univ-lyon2.fr

Abstract

The issue of tool adoption has been the subject of many investigations, which focus either on acceptability (evaluating intention to use, a priori) or acceptance (evaluating real tool use, a posteriori). There are many criteria in the literature explaining why a tool is accepted or rejected by users, but behavioral observations are rare. This work aims to study the relationship between acceptability and acceptance, and to find out if there is a hierarchy between the criteria that lead a user to use a particular tool. We exposed participants to eight xylophones varying according to three criteria: Ease of use, Utility and Aesthetics. We assessed acceptability and judgment of participants about xylophones with questionnaires, based on tool use observation in a video session, and after a short-term use (Experiment 1); we also measured acceptance after a long-term use of five sessions during which participants learned to play xylophone (Experiment 2). The results suggested that previous exposure to the tool influenced the judgment of the user, indicating a difference between acceptability and acceptance and between observation and use of a tool. The results also indicate differences in the hierarchy of criteria. In the acceptability phase, user judgments are guided by Ease of use. However, during the acceptance phase, the Utility criterion has the greatest influence, whether in terms of tool preference, or time spent using tools.

Keywords: Acceptability; Acceptance; Technology; Tool Behavior

Introduction

In our societies, humans are constantly surrounded by tools and technologies. Some tools are accepted, and replace the old ones, while others are rejected, raising the critical issue of the reasons why a tool is adopted or rejected by users. Our work aims to study the question of the existence of criteria for the acceptability and the acceptance of the tool. The notion of “tool” refers to an object that is manipulated by the user to make changes in the environment over generations (Osiurak, Jarry and Le Gall 2010). Tool adoption process can be subdivided into two sub-processes based on the interaction between the user and the technology (Barcenilla and Bastien 2009, Lee et al., 2003): acceptability and acceptance. Acceptability is an *a priori* phenomenon, and represents the judgment by the user before its use (Barcenilla and Bastien 2009; Février 2011). Conversely, acceptance is an *a posteriori* judgment, that is to say an evaluation made after an experiential phase of actual use of the tool (Tricot et al. 2003, Février 2011). Experiments available in the literature often have a methodological approach exclusively based on questionnaires, mainly focusing on acceptability rather than acceptance (Brangier, Dufresne and Hammes-Adelé 2009; Subramanian, 1994). There are only scarce behavioral observations of the real use of tools (Hornbæk 2006), and especially with a relatively short exposure to the tool, the temporality being almost never taken into account (Karapanos et al., 2009). Our first objective is therefore to study the potential gap between acceptance and acceptability measures, by evaluating users' judgment on acceptability (i.e. before tool use and after a short use) and acceptance (after a long-term use).

The issue of tool acceptance and acceptability has been addressed by several approaches and perspectives, including ergonomics, sociology, cognitive science and psychology (Dubois & Bobillier-Chaumon 2009; Venkatesh, Morris & Ackerman 2004; Yousafzai, Foxall & Pallister 2010) offering in this context a broad variety of concepts and a large number of criteria (e.g. usability, attitude, usefulness, beliefs, subjective norm, aesthetics, satisfaction, experience, trust, ease of use, accessibility). For the sake of feasibility, we focused on 3 criteria: Ease of use, Utility and Aesthetics. The three criteria were chosen based on a previous work, a review of the literature (Alexandre, Navarro, Reynaud, & Osiurak, 2018) that lists 142 criteria of acceptance and acceptability, and shows that all of these criteria can be classified into four main categories: Ease of use, Utility, Aesthetics and Contextual/Social differences. We focused on the first three criteria, because our previous work showed that Ease of use, Utility and Aesthetics can explain the majority (70%) of criteria of acceptance and acceptability according to the literature, and moreover the last category were more difficult to manipulate experimentally. The three criteria were defined as follows: (1) Ease of use expresses the means

of reaching the goal and the difficulty of using the tool (Davis 1989; Sun & Zhang 2006) (2) Utility is focused on production, and expresses the purpose of the tool and its function. (Nielsen 1994) (3) Aesthetic is a judgment of the agreeability of the tool and refers to the aesthetic features. (Norman, 2004; Van der Heijden 2003). Our second objective is to study the relationship between these criteria, how they influence users over time and whether there is a hierarchy or an interaction between them.

In order to experimentally investigate a real tool use activity, we set up two experiments in which the participants were confronted with the same following tools: eight xylophones that varied according to the three criteria (Ease of use, Utility and Aesthetics), each xylophone may rate high or low on each criteria. To study the issue of acceptability in tool use, we proposed a first experiment (Experiment 1) involving sixty participants. Fifty of them were asked to rate on a 5-degree Likert scale each xylophone, evaluating their Ease of use, Utility and their Aesthetics based on videos of xylophones being played. The other ten participants had to do the same thing, but tried each xylophone before rating it. In the results, we evaluated how did participants rate each xylophone. Moreover, when participants evaluate tools on their Ease-of-use, Utility and Aesthetics, we looked if some criteria had influence on the rating of other criteria or are the criteria independent? In a second step, to study the issue of acceptance in tool use, we proposed a second experiment (Experiment 2) involving thirty participants. The task was to learn to play xylophones, during five different sessions with two-days breaks between every session. The participants were free to explore a room containing the eight xylophones. As the sessions progressed, they established an order of xylophone preferences. In the results, we evaluated what were the characteristics of the preferred xylophone, and how did participants rate each xylophone.

Experiment 1: Acceptability

Method

Participants

Sixty participants (thirty-nine women) took part in experiment 1. They were all undergraduate students in cognitive science at the University of Lyon ($M_{Exp1} = 21 \pm 1.5$). Each participant gave informed consent to the study.

Materials

Eight xylophones were used in Experiment 1. Each xylophone was built according to the same model (a 12-keys wooden xylophone), but varied according to three different criteria, Ease of use, Utility and Aesthetics. Each xylophone may rate high or low on each criterion.

Table 1 summarizes the different tools that participants had at their disposal. The physical differences between the xylophones were as follows: (1) concerning the Ease of use criterion (i.e. the difficulty of using the tool.), the four easy-to-use xylophones were provided with normal (rigid) rods, and the four non-easy-to-use xylophones were provided with modified rods (soft rods, thus making the action of striking on the keys of the xylophone more difficult) (2) Concerning the Utility criterion (i.e. the purpose of the tool), the four useful xylophones had keys (wooden slats) that produced a normal sound, and the four useless had some slats blocked and therefore non-functional (screwed hard enough so that the note does not resonate). (3) Concerning the Aesthetic criterion (i.e. visual agreeability of the tool), the four aesthetic xylophones were made of unvarying and dark colors, recalling the exotic wood colors, while the non-aesthetic xylophones were scribbled and bore various traces.

Table 1. List of eight xylophones available to participants in Experiment 1 & 2, each xylophone possessing (+) or not (-) each criteria

Xylophone	Criteria		
	Ease of use	Utility	Aesthetics
X1	+	+	+
X2	+	+	-
X3	+	-	+
X4	+	-	-
X5	-	+	+
X6	-	+	-
X7	-	-	+
X8	-	-	-

Procedure

Among the sixty participants, fifty of them participated in two video sessions, and ten of them participated in a xylophone playing session. We conducted questionnaires in which participants were asked to rate on a 5-degree Likert scale each xylophone, presented randomly. The questionnaire was in French, and items were formed on the following model example: "*How would you describe this instrument, from useless to useful* ", with 6 item in all, each criterion (Ease of use, Utility and Aesthetics) being represented by 2 items. During video session, participants (n = 50) answered the questionnaire based on videos of xylophones being played, twice (video session 1, video session 2). In each video, participants could see a xylophone being played on each key, from the left to the right. During playing session, participants (n = 10) responded after actually using each xylophone. Participants had to play each xylophone by trying each of the 12 keys from left to right, then answered the questionnaire.

Results

Xylophone evaluation

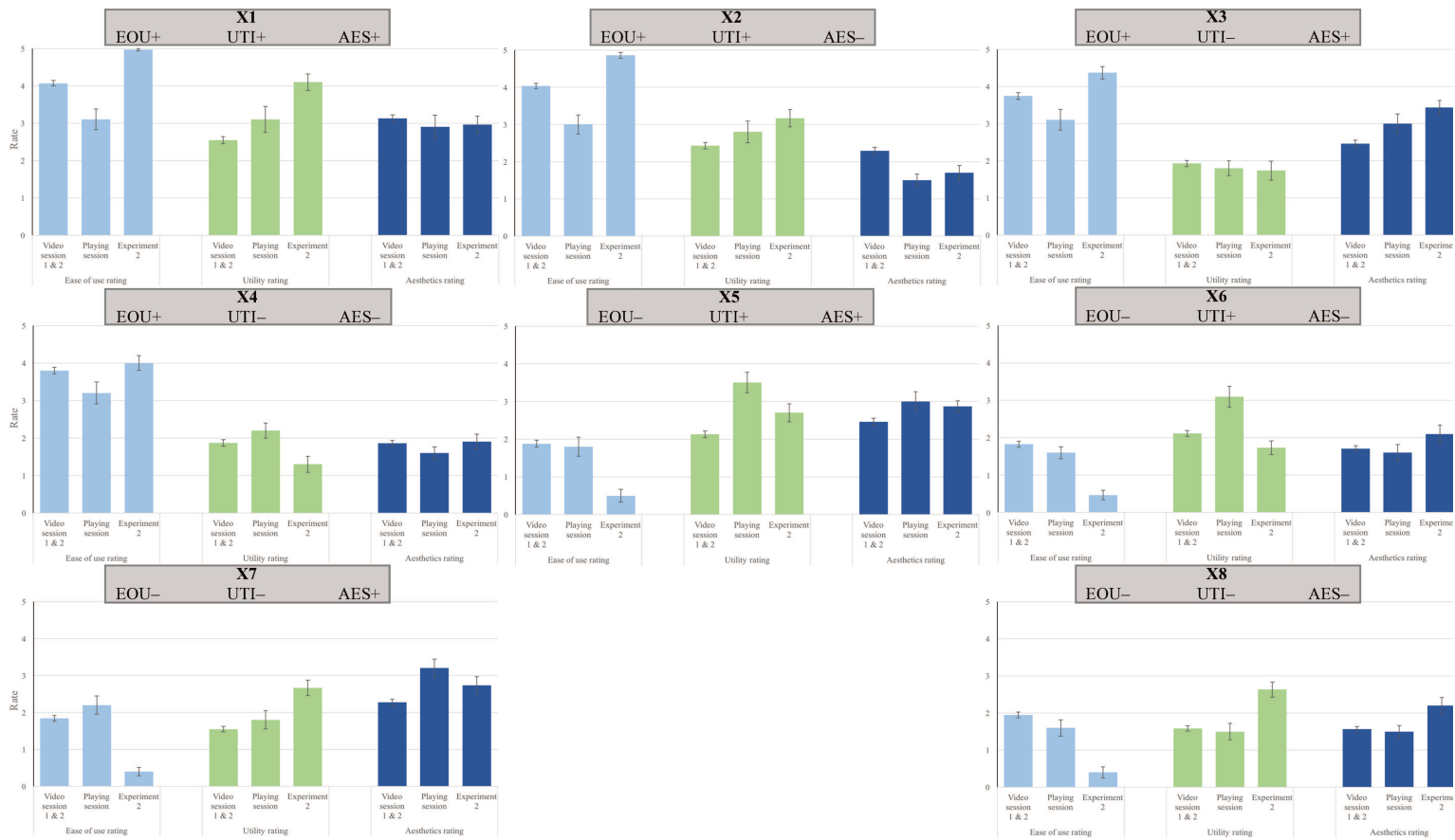
A Repeated Measures ANOVA was conducted with the EOU factor (Ease of use criteria), the UTI factor (Utility criteria) and the AES factor (Aesthetics criteria) as within-subject effects. As illustrated in **Table 2**, the explanatory factors (i.e. the three criteria) had significant influence on xylophone rating in Experiment 1, in video session 1 and 2 (n=50) and in playing session (n=10). **Figure 1** showed in more detail the mean rating of each xylophone (X1-X8) and for each criterion in video session and in playing session. The results indicated that our three criteria were well distinguished by the participants, in video session (for each criteria, $p < .001$), and in playing session (for each criteria, $p < .001$). In practice, this means that the construction of our xylophones has been verified: for example, a xylophone defined as possessing the Ease of use criteria was rated higher in this criterion than a tool defined as not possessing the Ease of use criteria (and vice versa); in the same way, a tool defined as useful/aesthetics was rated higher in this criterion than a tool defined as useless/non-aesthetics (and vice versa). However, there was sometimes an interaction between criteria: a) between EOU factor and Utility/Aesthetic criteria (in video session 1 and 2, $p < .001$) (i.e. the participants tended to rate more useful and more aesthetics a xylophone that was easy-to-use), but this interaction disappeared when xylophone were played by participants (i.e. in playing session), b) between the factor UTI and the Ease of use criterion (in video session 1, $p = .02$) and the Aesthetics criterion (in video session 1 and 2, $p < .001$) (i.e. the participants tended to rate easier to use and more aesthetics a xylophone that was useful) and c) between the AES factor and the Ease of use criterion (in video session 1, $p = .048$). (i.e. the participants tended to rate easier-to-use a xylophone that was aesthetics)

Table 2. Results of the Repeated Measures ANOVA showing link between explanatory factors (i.e. our three criteria) and xylophones rating, in Experiment 1 (in video session 1 & 2 (n=50) and in playing session (n=10)) and Experiment 2 (n=30)

Repeated Measures ANOVA

		Phase		p
Ease of use Criteria	EOU Factor	Experiment 1	Video session 1	*** p < .001
			Video session 2	*** p < .001
	Experiment 2	Playing session	*** p < .001	
		After 5 sessions	*** p < .001	
	UTI Factor	Experiment 1	Video session 1	* p = .02
			Video session 2	NS
		Experiment 2	Playing session	NS
			After 5 sessions	*** p < .001
	AES Factor	Experiment 1	Video session 1	* p = .048
Video session 2			NS	
Experiment 2		Playing session	NS	
		After 5 sessions	NS	
Utility Criteria	EOU Factor	Experiment 1	Video session 1	*** p < .001
			Video session 2	*** p < .001
	Experiment 2	Playing session	NS	
		After 5 sessions	NS	
	UTI Factor	Experiment 1	Video session 1	*** p < .001
			Video session 2	*** p < .001
		Experiment 2	Playing session	*** p < .001
			After 5 sessions	*** p < .001
	AES Factor	Experiment 1	Video session 1	NS
Video session 2			NS	
Experiment 2		Playing session	NS	
		After 5 sessions	*** p < .001	
Aesthetics Criteria	EOU Factor	Experiment 1	Video session 1	*** p < .001
			Video session 2	*** p < .001
	Experiment 2	Playing session	NS	
		After 5 sessions	NS	
	UTI Factor	Experiment 1	Video session 1	*** p < .001
			Video session 2	*** p < .001
		Experiment 2	Playing session	NS
			After 5 sessions	NS
	AES Factor	Experiment 1	Video session 1	*** p < .001
Video session 2			*** p < .001	
Experiment 2		Playing session	*** p < .001	
		After 5 sessions	*** p < .001	

Figure 1. Rating of each xylophone (X1-X8) for each criterion (Ease of use (EOU+/-), Utility (UTI+/-) and Aesthetics (AES+/-)), in video session 1 & 2 (n=50) (Experiment 1), playing session (n=10) (Experiment 1) and Experiment 2 (n=30)



Discussion

The three criteria (Ease of use, Utility and Aesthetics) were well recognized by participants, whether it is in video (i.e; judgment before using the tool) or in playing session (i.e. judgement after a short use). The results allowed us to validate our tools, since a xylophone defined as easy-to-use/useful/aesthetic will also be defined as easy to use/useful/aesthetic by the participants. The results indicated the following hierarchy of criteria in acceptability: Ease of use was the factor that appeared to be the most influential in judgments of acceptability, since the results showed that it influenced our perception of the other two criteria (Utility and Aesthetics) when participants are evaluating tools based on video session, i.e. without using the tool. However, we noted that a short use (in the playing session) is enough to suppress this influence. The second most influential criterion was Utility, which influenced, but less often, the perception of Ease of use and Aesthetic criteria, when participants are evaluating tools based on video session. This influence also disappeared after a short use, in playing session. Finally, the Aesthetic criterion was the one that had the slightest influence, since it influenced only the perception of Ease of use criterion, during the first video session.

Experiment 2: Acceptance

Method

Participants

Thirty participants (eighteen women) took part in experiment 2. They were all undergraduate students in cognitive science at the University of Lyon ($M_{Exp2} = 22 \pm 3.1$). Each participant gave informed consent to the study. All participants were non musicians and had never learned to play xylophone.

Materials

The same xylophones were used in Experiment 2. **Table 1** summarizes the different tools that participants had at their disposal. The physical differences between the xylophones were as follows: (1) concerning the Ease of use criterion (i.e. the difficulty of using the tool.), the four easy-to-use xylophones were provided with normal (rigid) rods, and the four non-easy-to-use xylophones were provided with modified rods (soft rods, thus making the action of striking on the keys of the xylophone more difficult) (2) Concerning the Utility criterion (i.e. the purpose of the tool), the four useful xylophones had keys (wooden slats) that produced a normal sound,

and the four useless had some slats blocked and therefore non-functional (screwed hard enough so that the note does not resonate). (3) Concerning the Aesthetic criterion (i.e. visual agreeability of the tool), the four aesthetic xylophones were made of unvarying and dark colors, recalling the exotic wood colors, while the non-aesthetic xylophones were scribbled and bore various traces.

Procedure

Participants were warned that they would be evaluated on their xylophone performance during five sessions of approximately thirty minutes each. Each session was spaced with two-days breaks between every session. In each session the order of preferences of the xylophones was collected, from the eighth to the first position. To collect this rank during a session, participants were confronted with the eight xylophones (placed in a random order). They listened to a melody *A*, trained for six minutes on all eight xylophones without particular constraints (they could make the choice to use or not each xylophone). Then, the participant kept his four favorite xylophones, by designating one by one the four he liked the least (rank 8, 7, 6 and 5). The participant was then evaluated on a random xylophone among his four favorite xylophones, in having to play the melody *A* on which he had trained, with three attempts. In a second step, the operation was repeated on the remaining four xylophones: a participant listened to a melody *B*, trained on his four favorite xylophones, then could choose two favorite xylophones by designating one by one the two he liked the least (rank 4 and 3), and then evaluated on the melody *B* randomly on one of the two remaining xylophones. Finally, in a last phase, participant chose from the two xylophones remaining his favorite xylophone (rank 1) and the one he removed (rank 2), and then played a new melody *C*, without training and in a single try. The melody *C* was always the same during the five sessions, in order to had a measure of the progression of the subjects and therefore their investment in the task, unlike the melodies *A* and *B*, which changed at each session. The melodies were all famous music (famous lullaby or famous film soundtrack for example) so that participants did not have to learn the melody. In addition, the participants had at their disposal, in front of each xylophone, simplified partitions which indicated to them the sequence of keys on which to strike to play the melody. All sessions (1-5) had the same protocol, and at the end of the fifth session, as in Experiment 1 each participant was asked to rate each xylophone on a 5-degree Likert scale, on its Ease of use, Utility and Aesthetics, on the following model: "*How would you describe this instrument, from useless to useful*".

Results

Xylophone evaluation

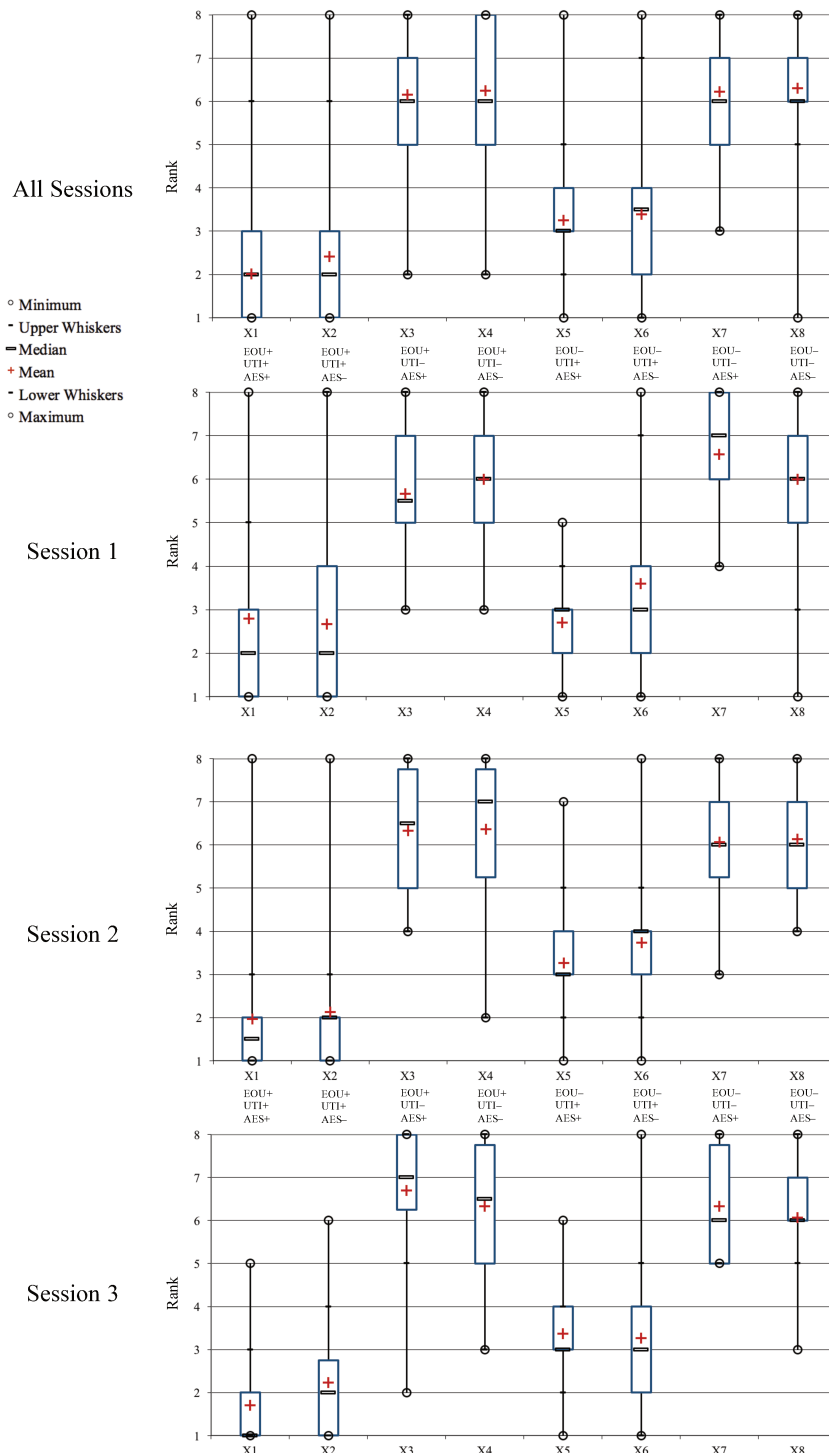
A Repeated Measures ANOVA was conducted with the EOU factor (Ease of use criteria), the UTI factor (Utility criteria) and the AES factor (Aesthetics criteria) as within-subject effects. As illustrated in **Table 2**, the explanatory factors (i.e. the three criteria) had significant influence on xylophone rating in Experiment 2, after the five sessions (n=30). **Figure 1** showed more in detail the mean rating of each xylophone (X1-X8) for the 30 participants who rated each xylophone at the end of the session 5. The results indicated that the three criteria were well distinguished by participants after the main experiment (for each criteria, $p < .001$). In practice, this means that the construction of our xylophones has been verified: for example, a xylophone defined as possessing the Ease of use criteria was rated higher in this criterion than a tool defined as not possessing the Ease of use criteria (and vice versa); in the same way, a tool defined as useful/aesthetics was rated higher in this criterion than a tool defined as useless/non-aesthetics (and vice versa). However, there was sometimes an interaction between criteria: a) between the factor UTI and the Ease of use criterion ($p < .001$) (i.e. the participants tended to rate easier to use a xylophone that was useful) b) between the AES factor and the criterion Utility (in experiment, $p < .001$) (i.e. the participants tended to rate more useful a xylophone that was aesthetics).

Preferences

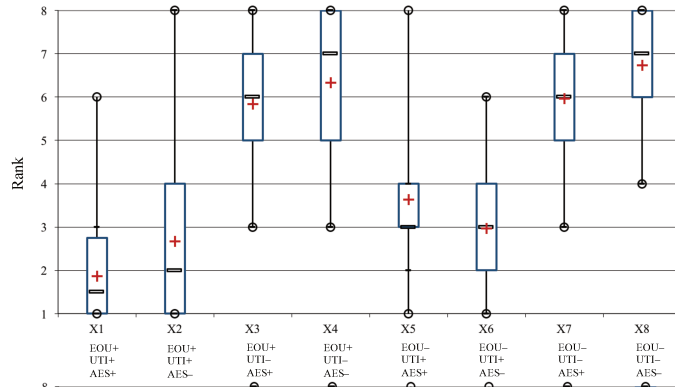
A non-parametric ANOVA was conducted on the number of preferences with the factor XYLOPHONE (X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 and X8) as within-subject factor. This analysis revealed a significant effect of XYLOPHONE in Session 1 ($\chi^2 = 102.16$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$), Session 2 ($\chi^2 = 130.47$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$), Session 3 ($\chi^2 = 149$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$), Session 4 ($\chi^2 = 128.37$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$) Session 5 ($\chi^2 = 140.62$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$) and all the sessions ($\chi^2 = 634.02$, $N = 150$, $df = 7$, $p < .001$), indicating the existence of significant differences in preference positions between each xylophone. **Figure 2** showed a boxplot representation of each xylophone (X1-X8), showing their position in the ranking, from favorite (1st) to least favorite (8th), in session 1-5 and for all the sessions, cumulatively (*All Sessions*). **Table 3** showed the results of the Wilcoxon rank-sum test, showing the significant differences between each xylophone and resuming which xylophone was preferred over others. Utility criterion (X1, X2, X5, X6) is the one that most influenced ranking position. In a second step, it is Ease of use criterion that influenced ranking position:

among the useful xylophones, useful and easy-to-use xylophones (X1, X2) seemed to be the combination of criteria preferred by the participants. The differences between them were not significant in each session, but significant in favor of X1 (the aesthetics one) when taking into account all the sessions.

Figure 2. Boxplot representation of each xylophone (X1-X8), showing their position in the ranking position, from favorite (1 on y-coordinate) to least favorite (8 on y-coordinate), in session 1-5 and for all the sessions, cumulatively (All Sessions).



Session 4



Session 5

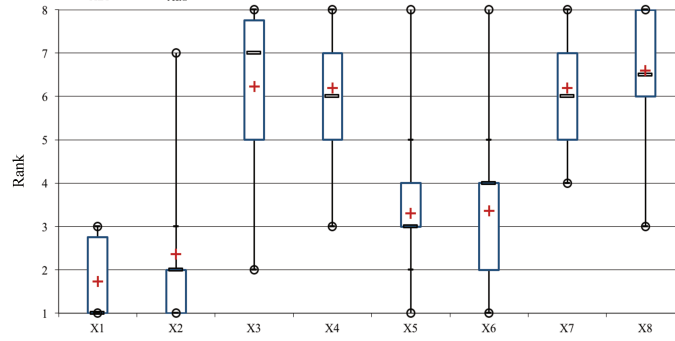


Table 3. Results of the Wilcoxon rank-sum test, showing the significant differences between each xylophone in Experiment 2, concerning the rank position (from the first to the eighth) and the time spent on each xylophone, in session 1-5 (S1, S2, S3, S4 and S5) or for all the sessions, cumulatively (All)

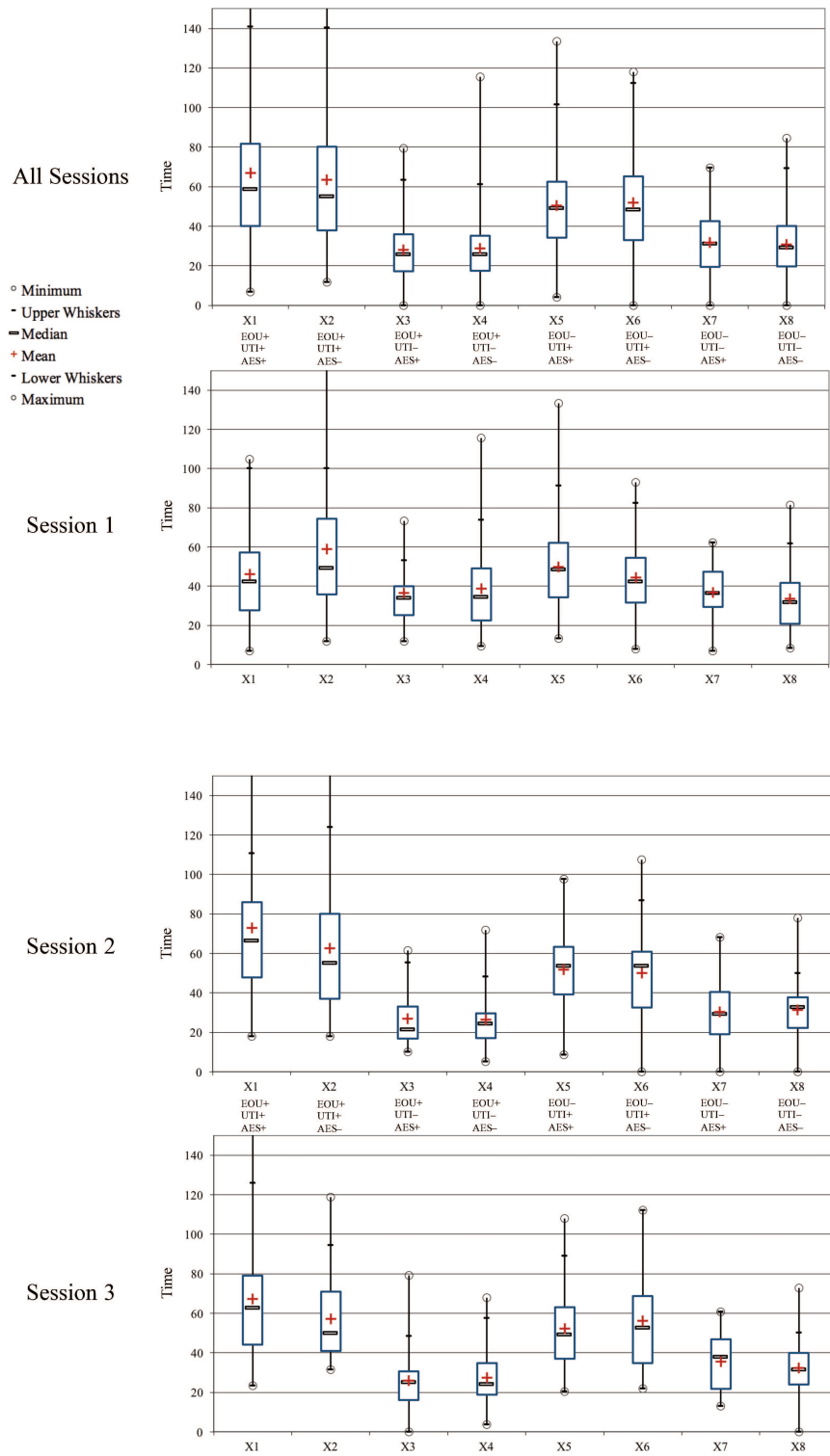
* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

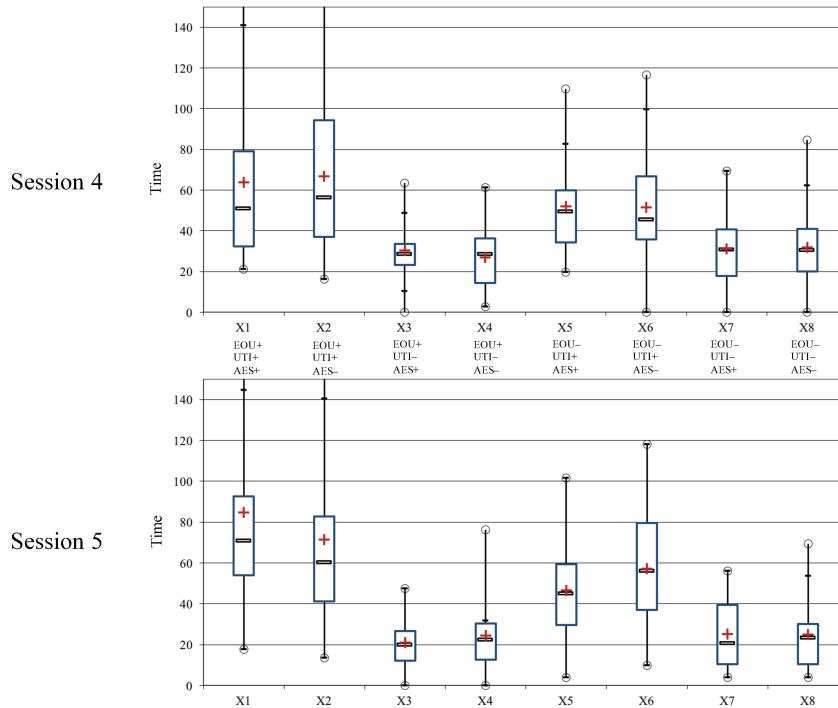
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
X1 EOU + UTI + AES +	Position		Higher rank * All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S2, S3, S4, S5, All	Higher rank * S2, S4 ** S3, S5 *** all	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All
	Time		NS	More used * S4 *** S2, S3, S5, All	More used *** S2, S3, S5, All * S4	More used * S3, All	More used * S5, All	More used *** S2, S3, S5, All	More used *** S2, S3, S5, All
X2 EOU + UTI + AES -	Position	Lower rank * All		Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank * S4 ** S2, S3, S5 *** All	Higher rank * S3 ** S2, S5 *** All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All
	Time	NS		More used * S1, S4 *** S2, S3, S5, All	More used * S1 *** S2, S3, S4, S5, All	NS	NS	More used ** S3, S4 *** S5, all	More used * S1 ** S4 *** S3, S5, All
X3 EOU + UTI - AES +	Position	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All		NS	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank ** S1 *** S2, S3, S4, S5, All	Lower rank * S1	Higher rank * S3
	Time	Less used * S4 *** S2, S3, S5, All	Less used * S1, S4 *** S2, S3, S5, All		NS	Less used * S4 *** S2, S3, S5, All	Less used * S1 ** S2 *** S3, S4, S5, All	Less used * S3	Less used * S3
X4 EOU + UTI - AES -	Position	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	NS		Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	NS	NS
	Time	Less used *** S2, S3, S5, All * S4	Less used * S1 *** S2, S3, S4, S5, All	NS		Less used ** S3 *** S2, S4, S5, All	Less used * S1, S2, S4 ** S3 *** S4, All	Less used * All *** S3	Less used * All
X5 EOU - UTI + AES +	Position	Lower rank *** S2, S3, S4, S5, All	Lower rank * S4 ** S2, S3, S5 *** All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All		Higher rank * S1, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All
	Time	Less used * S3, All	NS	More used * S4 *** S2, S3, S5, All	More used ** S3 *** S2, S4, S5, All		NS	More used ** S2, S4, S5 *** All	More used ** S2, S3, S4, S5 *** all
X6 EOU - UTI + AES -	Position	Lower rank * S2, S4 ** S3, S5 *** all	Lower rank * S3 ** S2, S5 *** All	Lower rank ** S1 *** S2, S3, S4, S5, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank * S1, All		Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank *** S1, S2, S3, S4, All
	Time	Less used * S5, All	NS	More used * S1 ** S2 *** S3, S4, S5, All	More used * S1, S2, S4 ** S3 *** S4, All	NS		More used * S2 ** S3, S4 *** S5, All	More used * S3 ** S2 *** S5, All
X7 EOU - UTI - AES +	Position	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Higher rank * S1	NS	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All		Higher rank * S4
	Time	Less used *** S2, S3, S5, All	Less used ** S3, S4 *** S5, all	More used * S3	More used * All *** S3	Less used ** S2, S4, S5 *** All	Less used * S2 ** S3, S4 *** S5, All		NS
X8 EOU - UTI - AES -	Position	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank * S3	NS	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank *** S1, S2, S3, S4, All	Lower rank * S4	
	Time	Less used *** S2, S3, S5, All	Less used * S1 ** S4 *** S3, S5, All	More used * S3	More used * All	Less used ** S2, S3, S4, S5 *** all	Less used * S3 ** S2 *** S5, All	NS	

Use and temporality

A non-parametric ANOVA was conducted on the number of preferences with the factor XYLOPHONE (X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 and X8) as within-subject factor. This analysis revealed a significant effect of XYLOPHONE in Session 1 ($\chi^2 = 17.35$, $N = 30$, $df = 7$, $p = .01$), Session 2 ($\chi^2 = 66.61$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$), Session 3 ($\chi^2 = 72.07$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$), Session 4 ($\chi^2 = 41.78$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$), Session 5 ($\chi^2 = 85.49$, $N = 30$, $df = 7$, $p < .001$) and all the sessions ($\chi^2 = 249.95$, $N = 150$, $df = 7$, $p < .001$), indicating the existence of significant differences in time spent on each xylophone. **Figure 3** showed boxplot representation of the time spent (in seconds, during the 6 minutes' participants had access to all xylophones) by participants on each xylophone in session 1-5 and for all the sessions, cumulatively (*All Sessions*). **Table 3** showed the results of the Wilcoxon rank-sum test, demonstrating the significant differences between time spent on each xylophone and resuming which xylophone was more used over others. X1 is significantly more used than all other xylophones, except X2, with which there were no significant differences. X2 is used more than all other xylophones except X5 and X6 (both have Utility criterion). As for rank position, Utility seemed to be the criterion that makes participants use xylophones, sometimes regardless of rank: X3 and X4 are better ranked but significantly less used than X5 and X6 (both useful but not easy to use). About that, a correlation revealed a negative significant correlation between time spent on xylophone and ranking position, indicating that the more the time spent increases, the more the note went down (towards the best position 1). This relation was significant in all the session ($r = -.481$; $p < .001$), in Session 1 ($r = -.326$; $p < .001$), in Session 2 ($r = -.551$; $p < .001$) in Session 3 ($r = -.468$; $p < .001$), in Session 4 ($r = -.492$; $p < .001$), and in Session 5 ($r = -.549$; $p < .001$).

Figure 3. Boxplot representation of the time spent (in seconds) by participants on each xylophone in session 1-5 and for all the sessions, cumulatively (All Sessions).





Learning music

During each session, in order to measure the progress and therefore the involvement of the participants, the performance of the participants was evaluated during the last melody in each session (the only music that never changed). At each session, the participant had a score of 30 points: 10 points on the notes (measuring if they hit the right key), 10 points on the rhythm (measuring if the gap between the notes was respected) and 10 points on the tempo (measuring whether the speed of the song was respected). A Repeated Measure ANOVA was conducted with the factor of the rating score at each session. The effect of the number of sessions on learning music was significant ($F = 89.509$, $df = 4$, $p < .001$) indicating that rating score in Session 1 ($M_{S1} = 12.55 \pm 5.9$) $<$ Session 2 ($M_{S2} = 17.36 \pm 5.2$), $p < .001$; there was no significant difference between Session 2 and Session 3 ($M_{S3} = 19.73 \pm 5.3$), $p = .073$; Session 3 $<$ Session 4 ($M_{S4} = 24.23 \pm 2.9$), $p < .001$; and Session 4 $<$ Session 5 ($M_{S5} = 26.73 \pm 2.1$), $p < .001$.

Discussion

The results showed that in Experiment 2 the three criteria were well identified by the participants, which confirms the validation of our tools observed in Experiment 1; moreover, the results showed the investment and the motivation of participants who progressed in learning music, with a significant effect of the time on xylophone skills. There was a

hierarchy of criteria that influenced participants' judgment after 5 sessions of tool use (i.e. in tool acceptance): The Utility of a tool influenced judgment of Ease of use criterion, and the Aesthetics influenced judgment of Utility criterion. It was the Utility criterion that influenced the most the choice of the participants in the ranking position, i.e. the useful tools were preferred. Then Ease of use was the second most influent criterion, and it can be seen that aesthetics has little or no influence. The results showed that the same mechanisms underlay user behavior in the time spent on each xylophone, and we also observed that the favorite tools were also the most used.

General Discussion

The purpose of our present study was to investigate difference between acceptability and acceptance, especially in the influence of three criteria (Ease of use, Utility and Aesthetics) in a real tool use activity. The first key finding is that there is a difference between acceptability (judgement before tool use, a priori) and acceptance (judgement after real tool use, a posteriori). To judge and evaluate a tool regarding its Ease of use, Utility and Aesthetics, users do not react in the same way according to whether they were confronted with the tool or not. Indeed, the results showed that in acceptability, when users observed the tool being used (in video session, Experiment 1), they differentiated the three criteria (Ease of use, Utility and Aesthetics), but they cannot totally identify them independently, some criteria influencing others. Ease of use was the criterion the least influenced by the other criteria, and also the one that has the greatest influence on the other criteria, Utility and Aesthetics. On the other hand, as soon as the users use the tool, in a short-term use (Experiment 1) this influence completely disappeared. In a long-term use (Experiment 2), concerning acceptance, the results on user evaluation of the three criteria after 5 sessions showed that Utility of a tool will influence judgment of Ease of use, and Aesthetics will influence judgment of Utility. This last observation is in agreement with the works on the *aesthetic usability effect*, which describes a positive influence of aesthetics of the product on perceived usability (a criterion composed of Ease of use and Utility; Nielsen 1994) i.e. aesthetic tools are considered to be more usable (Kurosu & Kashimura 1995; Sonderegger & Sauer 2010; Tractinsky, Katz & Ikar 2000). To summarize, if we look at how tools are perceived by users regarding their Ease of use, Utility, and Aesthetics, judgments in acceptability (before tool use) could therefore be influenced first and foremost by Ease of use criterion, and judgments in acceptance by Utility and Aesthetics criteria.

The second key finding is that there is a hierarchy of criteria in acceptance, when we observe user preferences, whether in the ranking of their favorite tools or concerning the time

spent on each tool. Utility criterion is the most influential criterion in acceptance. Indeed, the results showed that both in ranking position and time spent on xylophones, useful xylophones were always preferred to others, then among the useful xylophones, easy-to-use xylophones were preferred. Nevertheless, it is observed that the Aesthetic criterion has no influence on user preference. The results showed the same hierarchy of criteria concerning the time spent on each tool, and we observed a significant correlation between the two phenomena: the more users spend time on a tool, the more it will be preferred. This would mean that even if in user evaluation of tool, one criterion can be influenced by the other criteria (notably the Ease of use in acceptability and Utility and Aesthetics in acceptance), in practice, when users have to decide their preferred tools, Utility (i.e. the aspect of productivity and gain of the tool) will influence the choice. In a second step, once users have selected the useful tools, they taking into consideration the effort needed to use the tools, by preferring the easiest tools. These preferences are particularly consistent in the behavior of users, since this hierarchy of criteria is identical concerning the time spent on different tools, the preferred tools being those on which users spend the most time. This difference in the hierarchy of criteria between acceptance and acceptability seems to show that there is a difference between actually observing and using a tool, both in our perception and in our judgment of the tool. We can interpret this as follows: When observing someone, tool user pays more attention to Ease of use, and the effort required to use the tool, perhaps because he puts himself in other's shoes or because he focuses on the action rather than the tool itself; on the other hand, when using the tool, he tends to forget how easy-to-use it is to focus on the purpose of the activity and the goal of the tool, using Utility to make his preferences.

These results allow us to make some theoretical remarks. The difference in importance and influence of the three criteria in acceptability (where we observe that the representation of tool criteria by the users is mainly influenced by Ease of use) and in acceptance (where we observe that a) the representation of tool criteria by the users is influenced by Utility and Aesthetics, and b) the ranking position of preferred tools and the time spent on each tools is influenced mainly by Utility, then Ease of use in a second time) would explain the highly variable and sometimes contradictory results of acceptance models (Legris, Ingham, & Collerette 2003, King & He 2006, Alexandre et al. 2018). However, our results on acceptance consolidate the first results of the Technology Acceptance Model (TAM) which shows that perceived Usefulness has the strongest link (50% more influential than perceived Ease of use) on use and intention of use (Davis 1989; Keil et al. 1995; Legris et al. 2003). Similarly, our results on acceptability are consistent with works that had shown that Ease of use has an

influence on intention to use (Chau 1996; Legris et al. 2003) and on user perception of Utility criterion (Igarria 1997; Legris et al. 2003).

Finally, even though the subjects are involved and have actually made significant progress in learning music, some aspects of the task indicate that further research is needed, in particular by varying experimental conditions. Indeed, we also find that Aesthetic criterion has little or no influence in tool preference and time spent on tool. This may be because having an aesthetic tool or not has no influence on the participant, especially because he is alone during the experiment and does not suffer from the judgment of his peers. Future experiments should be built with more ecologically valid tools which have a real influence on participants.

Acknowledgments

This work was supported by grants from ANR (Project “Cognition et économie liée à l’outil/Cognition and tool-use economy” ECOTOOL; ANR-14-CE30-0015-01), and was performed within the framework of the LABEX CORTEX (ANR-11-LABX-0042) of Université de Lyon, within the program “Investissements d’Avenir” (ANR-11- IDEX-0007) operated by the French National Research Agency (ANR). There are no conflicts of interest.

References

- Alexandre, B., Navarro, J., Reynaud, E., & Osiurak, F. (2018) Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work*, 20, 165–177
- Barcenilla J., & Bastien J. M. C. (2009) L’acceptabilité des nouvelles technologies: quelles relations avec l’ergonomie, l’utilisabilité et l’expérience utilisateur? *Le Travail Humain*, 72, 311–331
- Brangier, E., Dufresne, A. & Hammes-Adelé, S. (2009) Approche symbiotique de la relation humain-technologie: perspectives pour l’ergonomie informatique. *Le Travail Humain*, 72, 333–353
- Dubois, M., & Bobillier-Chaumon, M.E. (2009) L’acceptabilité des technologies: bilans et nouvelles perspectives. *Le Travail Humain*, 72, 305–310
- Février, F. (2011) Vers un modèle intégrateur “expérience-acceptation”: rôle des affects et de caractéristiques personnelles et contextuelles dans la détermination des intentions d’usage d’un environnement numérique de travail. Dissertation, Université Rennes 2

- Chau, P.Y.K. (1996) An empirical investigation on factors affecting the acceptance of CASE by systems developers. *Information and Management* 30, 269–280
- Davis, F.D. (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13, 319–340
- Hornbæk, K. (2006) Current practice in measuring usability: challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 79–102
- Igbaria, M., Zinatelli, N., Cragg, P., & Cavaye, A. (1997) Personal computing acceptance factors in small firms: a structural equation model. *MIS Quarterly* 21, 279–302
- Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J., & Martens, J-B. (2009) User experience over time: an initial framework. In: CHI '09 Proceedings, ACM, pp. 729–738
- King, W.R., & He, R. (2006) A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information and Management*, 43, 740–755
- Kurosu, M., & Kashimura, K. (1995) Apparent usability vs. inherent usability: experimental analysis on the determinants of the apparent usability, in: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Denver, May 07–11, 1995, pp. 292–293
- Lee, Y.K., Kenneth, A., & Larsen, K.R.T. (2003) The technology acceptance model: past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems* 12, 752–780
- Legris, P., Ingham J., & Collette P. (2003) Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management* 40, 191–204
- Nielsen, J. (1994) Usability Engineering. San Diego : Academic Press.
- Norman, D.A. (2004) Emotional design : Why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books.
- Osiurak, F., Jarry, C., & Le Gall, D. (2010) Grasping the affordances, understanding the reasoning. Toward a dialectical theory of human tool use. *Psychological Review* 117, 517–540
- Keil, M., Beranek, P.M., & Konsynski, B.R. (1995) Usefulness and ease of use: field study evidence regarding task considerations. *Decision Support Systems* 13, 75–91

- Sonderegger, A., & Sauer, J., 2010. The influence of design aesthetics in usability testing: effects on user performance and perceived usability. *Applied Ergonomics* 41, 403–410
- Subramanian, G. H. (1994) A replication of perceived usefulness and perceived ease of use measurement. *Decision Sciences*, 25, 863–874
- Sun, H., & Zhang, P. (2006) The role of moderating factors in user technology acceptance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 53–78
- Tractinsky, N., Katz, A.S., & Ikar, D. (2000) What Is Beautiful Is Usable. *Interacting with Computers* 13, 127–145
- Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps J.F., Amiel, A., Lutz, G., & Morcillo, A. (2003) Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In: Desmoulins, C., Marquet, P., Bouhineau, D. (ed) Environnements informatiques pour l'apprentissage humain, pp 391–402
- Van der Heijden, H. (2003) Factors influencing the usage of websites: the case of a generic portal in The Netherlands. *Information and Management* 40, 541–549
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Sykes, T.A., & Ackerman, P.L. (2004) Individual reactions to new technologies in the workplace: the role of gender as a psychological construct. *Journal of Applied Social Psychology*, 34, 445–467
- Yousafzai, S.Y., Foxall, G.R., & Pallister, J.G. (2010) Explaining internet banking behavior: theory of reasoned action, theory of planned behavior, or technology acceptance model? *Journal of Applied Social Psychology*, 40, 1172–1202

III-Article 3 : Influence des fonctions cognitives et de la méta-représentation dans l'acceptation de l'outil

Titre : Which cognitive tools do we prefer to use, and is that preference rational ?

Auteurs : Boris Alexandre, Jordan Navarro, Emanuelle Reynaud & François Osiurak

État : Accepté avec révision, à *Cognition*

1 Introduction

Suite à mon expérience avec les xylophones, j'ai voulu mettre en place une autre série d'expériences, révélée dans l'article intitulé *Which cognitive tools do we prefer to use, and is that preference rational ?* Afin d'aborder la question de l'acceptation sous un angle différent, et suite à des lectures sur les outils cognitifs, nous avons décidé d'étudier cette fois-ci les relations entre outils et fonctions cognitives. En partant du constant qu'on utilisait quotidiennement tout un ensemble d'outils afin d'améliorer notre cognition, nous nous sommes demandés dans quelles fonctions cognitives les utilisateurs préféreraient-ils être aidés. Evidemment, il a fallu faire un choix et restreindre le nombre des fonctions cognitives utilisées dans l'expériences, et en se basant sur une littérature plutôt pauvre sur cette question en comparaison avec la littérature sur les modèles de l'acceptation, nous avons retenus trois fonctions cognitives. Nous avons décidé de garder la mémoire de travail (i.e. le stockage et manipulation de l'information en lien avec une tâche), l'attention visuelle sélective (i.e. la sélection de l'information visuelle) et la prise de décision (i.e. la sélection d'un choix entre plusieurs solutions possibles). Parallèlement à la préférence des utilisateurs pour une fonction cognitive donnée, nous souhaitons étudier si la préférence des utilisateurs est rationnelle (i.e. lié à la performance ou bien à la méta-représentation de ces performances). Afin d'étudier ces questions, les participants étaient mis face à une version virtuelle du jeu « Qui est-ce ? », dont le but est de trouver un individu parmi plusieurs, en posant des questions sur ses attributs physiques. Après avoir utilisé des outils physiques (Article 2), nous avons en effet décidé d'utiliser des outils virtuels et cognitifs, i.e. qui améliorent les compétences cognitives. Les sujets pouvaient utiliser, en plus de la version normale, un outil assistant la mémoire de travail (i.e. aidant à retenir des informations), un outil assistant l'attention visuelle sélective (i.e. aidant à sélectionner l'information visuelle dans l'environnement) et un outil aidant la prise de décision (i.e. aidant les sujets à faire les bons choix). Nous avons constaté, dans les résultats,

que les utilisateurs préfèrent utiliser un outil cognitif qu'un outil qui ne les assiste pas dans une fonction cognitive. Les participants préfèrent majoritairement utiliser les outils cognitifs qui assistent la mémoire de travail, même s'il existe des différences individuelles, avec notamment un nombre significatif de sujets qui préfèrent l'outil qui aide en prise de décision. Plusieurs hypothèses se sont imposées pour expliquer ces résultats : Une des hypothèses les plus solides est l'hypothèse de l'influence de la méta-représentation des sujets dans leur sélection d'outil. En effet nous avons, pour un des groupes de participants, mesuré les performances réelles et les performances estimées (méta-représentation) dans chaque fonction cognitive. Les sujets effectuaient une double tâche de Baddeley et un empan inversé pour la mémoire de travail. Pour l'attention visuelle sélective, les sujets passaient les tests *Symbol cancellation test* et le *Bells Test*. Enfin, concernant la prise de décision les sujets se soumettaient aux tests *Iowa gambling task* et le *Game of dice task*. Nous avons constaté que le choix de l'outil n'était pas guidé par les compétences objectives dans les tâches, mais par l'estimation des compétences. Plus les participants estimaient qu'ils étaient mauvais dans une fonction cognitive, plus ils allaient utiliser un outil qui assistait cette même fonction cognitive, et ce indépendamment de leurs performances réelles dans cette fonction cognitive.

2 Memento des principaux résultats

- Dans la vie de tous les jours, nous adoptons et rejetons des outils cognitifs, i.e. des outils qui assistent nos fonctions cognitives.
- Nous avons exposé les participants à trois outils : un outil qui assiste la mémoire de travail, un qui assiste l'attention visuelle sélective et un dernier qui assiste la prise de décision. Les outils étaient intégrés dans une version virtuelle du jeu *Qui est-ce ?*
- Dans une première expérience, les sujets essayaient chaque outil en utilisation forcée, puis devaient faire 30 parties en utilisation libre (i.e. en choisissant un outil à chaque fois). Dans une seconde expérience, nous avons répliqué cette procédure, mais dans une version beaucoup plus courte et en alternant les phases d'utilisations forcées et d'utilisation libre. Dans une troisième expérience, nous avons répliqué cette procédure mais en évaluant en plus la performance et la méta-représentation de la performance des participants en mémoire de travail, attention visuelle sélective et en prise de décision.
- Nous nous sommes intéressés aux préférences des utilisateurs, et si celles-ci étaient rationnelles.

- Les participants préfèrent majoritairement utiliser les outils cognitifs qui assistent la mémoire de travail.
- Nous avons constaté que cette préférence est basée sur la méta-représentation de la performance, et non la performance en elle-même. Plus les sujets estiment qu'ils sont mauvais dans une fonction cognitive, plus ils vont utiliser un outil qui assiste cette même fonction cognitive, et ce indépendamment de leurs performances réelles dans cette fonction cognitive.

Which Cognitive Tools Do We Prefer To Use, And Is That Preference Rational?

Boris Alexandre¹, Jordan Navarro^{1,2}, Emanuelle Reynaud¹, & François Osiurak^{1,2}

¹Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3082), Université de Lyon, France

²Institut Universitaire de France, Paris, France

Correspondence

Boris Alexandre, Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3082), Institut de Psychologie, 5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron Cedex, France.

Email: boris.alexandre@univ-lyon2.fr

Abstract

This work aims to address the issue of which kind of cognitive tools we prefer, and whether this preference is rational. To do so, we proposed three experiments in which participants had to play the game *Guess Who?* by choosing between three tools that assisted them in three distinct cognitive functions (Working memory *vs.* Selective visual attention *vs.* Decision-making). In Experiment 3, additional tasks were proposed to assess participants' performance and meta-representations in working memory, selective visual attention and decision-making. Our findings indicate that participants preferred to use a cognitive tool assisting working memory over selective visual attention and decision-making. The meta-representation of participants' performance influenced the decision to use one cognitive tool over the others much more than individual performance itself. These results suggest that a search for effectiveness rather than efficiency, as well as the meta-representations of cognitive performance might be two key predictors of people's preference toward a cognitive tool.

Keywords: Cognitive Tool; Acceptance; Working Memory; Selective Visual Attention; Decision-making.

Introduction

Among the diversity of tools we use in everyday life, we are more and more prone to use cognitive tools, defined as any external object that increases our cognitive skills (Osiurak, Navarro, Reynaud, & Thomas, 2018; Virgo, Pillon, Navarro, Reynaud, & Osiurak, 2017). The use of a cognitive tool is as an instance of use of external processing to avoid internal processing, a phenomenon called cognitive offloading (Kirsh & Maglio, 1994; Risko, Medimorec, Chisholm, & Kingstone, 2014; Sparrow, Liu, & Wegner, 2011; Wilson, 2002). In our societies, we are surrounded by those tools. Yet, we do not systematically use all of them, raising the critical issue of why some of them are adopted and others rejected. This work aims to address this issue, by exploring which kind of cognitive tools we prefer, and whether this preference is rational.

The issue of tool adoption has been extensively evaluated in the field of acceptance (Alexandre, Navarro, Reynaud, & Osiurak, 2018; Hornbæk, 2006), with a special emphasis on factors that cannot be considered as cognitive, such as age, education, gender, user characteristics or experience (Czaja et al., 2006; King & He, 2006; Venkatesh & Morris, 2000). However, to our knowledge, no research has investigated which cognitive functions people want to replace when using cognitive tools. This underexplored issue is of particular relevance if we consider the emergence of many new technologies that are designed to replace most of our cognitive skills without knowing which of them people want to replace. In this perspective, a huge number of cognitive functions could be studied (e.g., calculation skills, episodic memory). For the sake of feasibility, we decided to focus on three cognitive functions: working memory (storage and manipulation of task-relevant information); selective visual attention (selection of visual information); and decision-making (choice making among several possible alternatives).

Based on the literature, we made two clear predictions for two of the three aforementioned cognitive functions. First, it has been demonstrated that people tend to use tools as external memories (Henkel, 2014, Sparrow, Liu, & Wegner, 2011; Storm & Stone, 2015), suggesting that people should use off-loading tools that facilitate access to information thereby extending working memory skills. Second, evidence indicates that people like to choose, a characteristic that also exists in nonhuman animals (Iyengar & Lepper, 1999, 2000; Leotti, Iyengar, & Ochsner, 2010; Schwartz, 2004). Therefore, we hypothesized that people should not favor the use of a tool helping them in decision-making. Concerning selective visual attention, the prediction was less clear. Nevertheless, attentional processes being effortful, we predicted that people should be inclined to use tools assisting selective visual attention. Finally, we also

intended to know if the choice of the tool is consistent with individuals' cognitive capacities or rather metacognitive representations of their performance.

To test our predictions, we proposed three experiments involving 90 participants ($n = 30$ each). The task was a virtual version of the game *Guess Who?* allowing us to study the three aforementioned cognitive functions. In Experiment 1, participants were confronted with three tools that assisted them in three cognitive functions (Working memory, labeled as Note option, vs. Selective visual attention, labeled as Fuzzy option, vs. Decision-making, labeled as Choice option). They also had the choice of using none of these tools (i.e., an additional "No-Tool" option) in order to explore whether participants preferred to use a tool over performing the task without any tool. In Experiment 1, a relatively high number of choices was presented (i.e., 30) in order to ensure that participants' preferences reflected a long-term preference for a specific option, and not just a short-term preference. The same procedure was employed in Experiment 2 to confirm the results of Experiment 1. Simply, the task was shorter to examine whether the long-term preferences found in Experiment 1 could also be observed at short term. Moreover, participants had to only choose among the three tools (i.e., Note, Fuzzy and Choice options). Finally, the procedure was the same in Experiment 3 as in Experiment 2, except that the version of task given was moderately longer. This was done to confirm once again our results. Moreover, additional tasks were proposed to assess participants' performance in working memory, selective visual attention and decision-making. Participants were also measured on the meta-representations of their performance on these additional tasks.

Methods

Participants

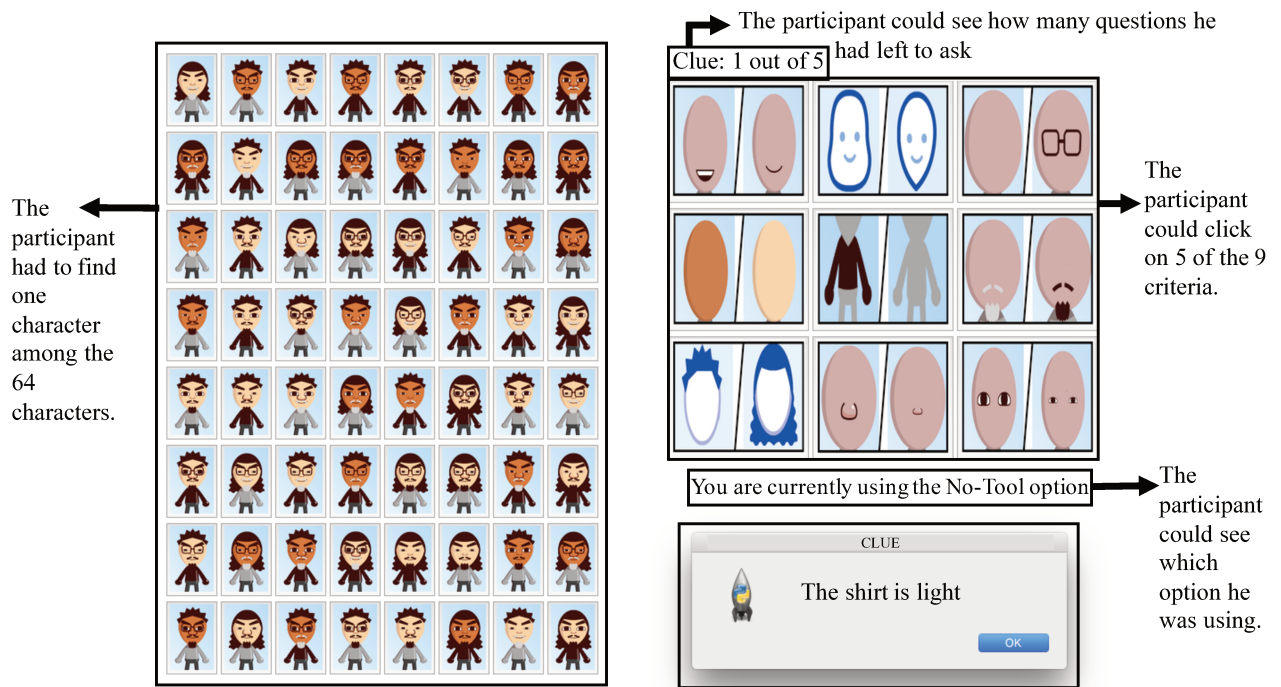
Ninety participants (51 women) took part in Experiments 1-3 ($n = 30$ for each). They were all undergraduate students in cognitive science at the University of Lyon ($M_{Exp. 1} = 23 \pm 3.5$; $M_{Exp. 2} = 22.5 \pm 2.4$; $M_{Exp. 3} = 22.1 \pm 1.8$). Each participant gave informed consent to the study.

Materials and procedure common to Experiments 1-3

Materials. The task developed for Experiments 1-3 was a virtual version of the game *Guess Who?* In the original game, the goal is to guess the character chosen by the opponent, by asking questions about his physical appearance. In our virtual version, participants had to find a target character hidden among 64 other characters, by asking five questions about nine criteria of physical appearances. Three of these criteria concerned the shape of the face or one of its attributes: opened/closed mouth, rounded/pointed face, and with/without glasses. Three other

criteria concerned the color of a physical attribute: light/dark skin, light/dark shirt, and light/dark mustache. The last three criteria concerned the size of a physical attribute: short/long hair, small/big nose, and small/big eyes. Each game had unique solutions, but some criteria were more advantageous than others for a specific game. However, in each experiment, each criterion was presented in 50% of games as advantageous and in 50% of games as disadvantageous. Each grid of 64 characters was constructed by probabilities. For example, for the eye criterion, characters could be divided into 90% of big eyes and 10% of small eyes, while, for the shirt criterion, characters could be divided into 50% of light shirts and 50% of dark shirts. Each character in the grid could vary according to the nine criteria described above, giving 512 possible combinations of characters.

Procedure. Because we were interested in the kind of cognitive tools participants preferred, in the games (i.e., trials) participants could choose among three tool options (Experiments 2-3) or among three tool options and the No-Tool option (Experiment 1) to solve the game (i.e., free-use games). For each free-use game, participants could select with the mouse one of the different options by clicking on the name of the option. The order of presentation of the options was counterbalanced between participants. After the option chosen, a grid of 64 characters appeared on the left of the screen, and the nine criteria on the right of the screen (**Figure 1**). The display of criteria remained identical for a given participant during the task but was counterbalanced between participants. Participants could click on one of the criteria, leading them to obtain a clue written on the screen about the target character (**Figure 1**). They could have up to five clues to identify the target character. Based on the five clues, they could guess and indicated which was the target character by clicking on him. They were informed as to whether their response was correct or not, marking the end of the game, and a new game was proposed to them with, again, the selection of different options. Participants were told they were free to choose any option and that they should feel free to select one option more often than the others if they began to prefer it. We also introduced forced-use games to be sure that participants understood what was the functionality of each tool. In these forced-use games, participants were forced to play the game with one of the options.



Whenever the participant clicked on a criterion, the program gave him a written clue
Figure 1. The game, in the No-Tool option. Here, the program indicates the response to the question of a participant about the color of the shirt of the target character.

Differences between the four options

Contrary to the real version of the game *Guess Who?*, participants could not hide progressively the irrelevant characters. Nevertheless, four (or three in Experiments 2-3) options were offered to help them. In the *No-Tool option*, participants had to play the game without any particular help. In the *Note option*, a tool assisted participants' working memory. Participants had not to memorize the clues about the target character because there was a reminder written on the screen mentioning the clues progressively obtained. In the *Fuzzy option*, a tool assisted participants' selective visual attention, by reducing the amount of visual information on the screen. Thus, if participants clicked on the hair criterion and the clue was 'short hair', all the characters with long hair were blurred. This help was not cumulative. When participants clicked on a second criterion, only the characters targeted by the new criterion were blurred, but not those targeted by the previous one. In the *Choice option*, a tool assisted participants' decision-making, by indicating the optimal list of the five most advantageous criteria (available until the end of the game) to find the target character without giving the response associated to each criterion. For example, participants could be advised to click, among others, on the criterion of the mouth, but no information was provided about whether the target character had the mouth open or closed.

Differences between the three studies

Figure 2 summarizes the methodological differences between the three experiments. In Experiment 1, participants were presented with four options (No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice) to complete 34 games in the following order: four forced-use games, and 30 free-use games (i.e., 30 preferences to give). In Experiment 2, participants were presented with three options (Note, Fuzzy, and Choice) to complete 12 games in the following order: Three forced-use games, three free-use games, three forced-use games, and three free-use games (i.e., six preferences to give). In Experiment 3, participants were presented with three options (Note, Fuzzy, and Choice) to complete 18 games in the following order: three forced-use games, six free-use games, three forced-use games, and six free-use games (i.e., 12 preferences to give).

In Experiment 3, we also collected participants' performance (cognitive score) on tasks assessing three cognitive functions: working memory (Baddeley's dual task interference and a reverse memory span), selective visual attention (the Bells test (Gauthier, Dehaut, & Joanne, 1989) and the Symbol cancellation test (Lowery, Ragland, Gur, Gur, & Moberg, 2004)) and decision-making, i.e. their aversion/attraction to risky decision (Iowa gambling task (Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994; Brevers et al., 2012) and the game of dice task (Brand et al., 2002)). In addition, we measured participants' meta-representations of their performance on the three aforementioned tasks by asking them, before each task, to indicate on a scale from 0 to 100, how good they thought they were in performance compared to the people of their age. Thus, each participant had two cognitive scores in working memory, selective visual attention and decision-making, as well as one estimation of their own performance (metacognitive score) for each task. To obtain only one cognitive score and one metacognitive score for each cognitive function, we used the following procedure.

Cognitive scores. We computed for each participant a standard z -score for each task. Then, we averaged the two cognitive scores corresponding to the two tasks assessing the same cognitive function to obtain a composite cognitive score for each cognitive function. The higher the cognitive score was, the better the participant was in working memory, in selective visual attention, and in decision-making (i.e., safe strategy).

Metacognitive scores. We first translated the z -scores obtained for each cognitive score into percentiles for each participant. Then, we computed the difference between the estimation given by each participant for each task and the cognitive score transformed into percentiles (i.e., Estimation *minus* Percentile cognitive score). Finally, we averaged the two differences corresponding to the two tasks assessing the same cognitive function to obtain a metacognitive

score for each cognitive function. A positive metacognitive score indicated an overestimation of performance, and a negative score an under-estimation of performance.

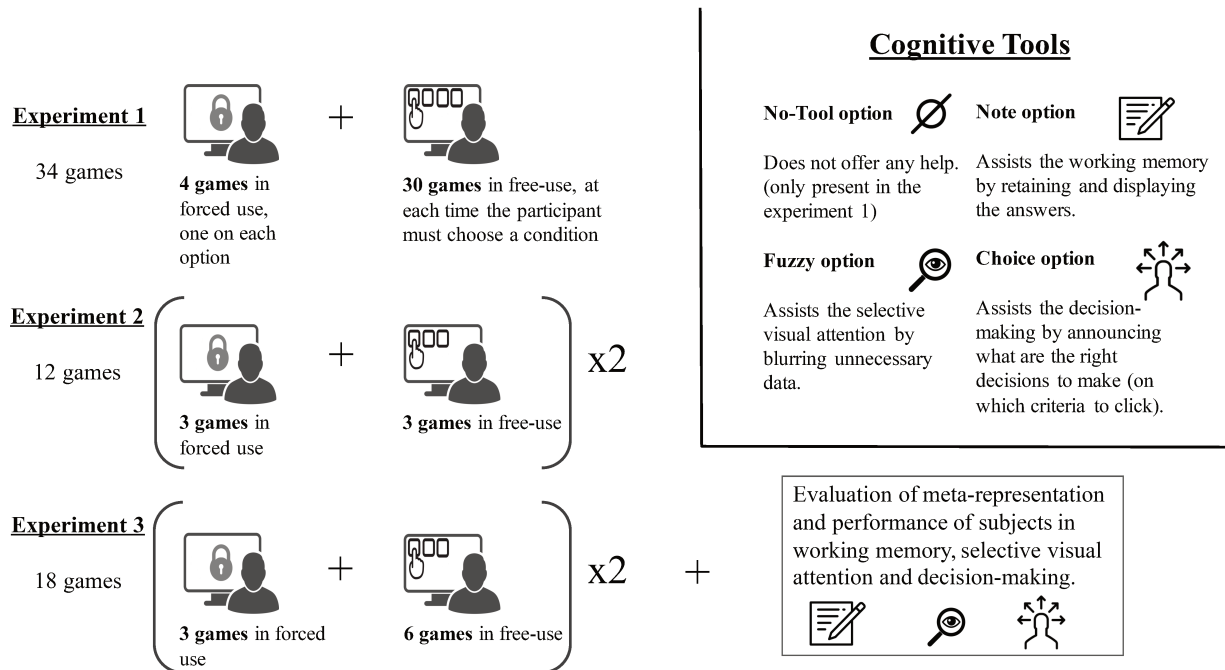


Figure 2. Overview of the three experiments.

Results

Experiment 1

Correct responses. As summarized in **Table 1**, participants made 23%, 57%, 10%, and 20% of correct responses in forced-use games with No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice, respectively. A non-parametric, Friedman ANOVA was conducted on the number of correct responses with the factor OPTION (No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. This analysis revealed a significant effect of OPTION ($\chi^2 = 18.2$, $N = 30$, $df = 3$, $p < .001$) indicating that participants were more successful in Note than in other options. Wilcoxon rank-sum tests showed that Note > Zero ($p = .01$), Note > Fuzzy ($p < .001$), and Note > Choice ($p = .02$). In free-use games, the better performance found in Note disappears, Choice being the option with the best performance (51%, 44%, 39% and 71% of correct responses with No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice).

Response time in forced-use games. An ANOVA was conducted on response time with the factor OPTION (No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. This analysis revealed a significant effect of OPTION ($F = 4.89$, $p = .003$). Bonferroni corrected t -tests revealed that participants were faster with Fuzzy ($M = 97s$; $SE = 12s$) rather than No-Tool

($M = 133$ s; $SE = 16$; $p < .01$) and Note option ($M = 118$ s; $SE = 13$ s; $p < .02$). There was no other significant difference (Choice: $M = 102$ s; $SE = 9$ s).

Group preference. A non-parametric ANOVA was conducted on the number of preferences with the factor OPTION (No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. As illustrated in **Figure 3**, this analysis revealed a significant effect of OPTION ($\chi^2 = 23.17$, $N = 30$, $df = 3$, $p < .001$) indicating that Note was preferred over other options (Wilcoxon rank-sum: Note > No-Tool, $p < .001$; Note > Fuzzy, $p < .01$; Note > Choice, $p = .054$; Fuzzy > No-Tool, $p < .01$; Choice > No-Tool, $p < .01$).

Individual preference. We used a Fisher's exact test to specify the preferences associated to each participant ($p < .01$). This analysis confirmed the results obtained at the group level by showing that 14 participants mainly chose Note (47%), 7 participants Choice (23%), 4 participants Fuzzy (13%) and 1 participant No-Tool (3%). The remaining 4 participants had no preference (13%).

Link between performance and preference. Point-biserial correlations were computed between the dichotomous variable correct/incorrect response in each option of forced-use games and the number of choices made in the same option in the subsequent free-use games. As shown in **Table 1**, no significant correlation was observed for No-Tool ($p = .81$), Note ($p = .11$), Fuzzy ($p = .98$), and Choice ($p = .15$). Note that we also calculated correlations between preference in free-use games and response time in forced-use games. Again, no significant correlation was found (all $p > .05$).

Table 1. Percentage of correct responses for each option, and correlations between performance in each option (forced-use games) and the number of subsequent choices in that option (free-use games).

		Experiment 1		Experiment 2				Experiment 3			
		Forced-use 4 games	Free-use 30 games	Forced-use 3 games	Free-use 3 games	Forced-use 3 games	Free-use 3 games	Forced-use 3 games	Free-use 6 games	Forced-use 3 games	Free-use 6 games
No-tool option	Percentage of correct responses	23 %	51%								
	Correlation between performance (forced-use games) and choices (subsequent free-use games)	$r = -.05$ $p = .81$									
Note option (working memory)	Percentage of correct responses	57%	44%	67%	53%	57%	40%	40%	41%	60%	49%
	Correlation between performance (forced-use games) and choices (subsequent free-use games)	$r = .29$ $p = .11$		$r = .24$ $p = .20$		$r = -.03$ $p = .87$		$r = .03$ $p = .88$		$r = -.04$ $p = .82$	
Fuzzy option (selective visual attention)	Percentage of correct responses	10%	39%	20%	43%	43%	33%	60%	30%	43%	21%
	Correlation between performance (forced-use games) and choices (subsequent free-use games)	$r = .01$ $p = .98$		$r = .07$ $p = .70$		$r = .17$ $p = .38$		$r = -.3$ $p = .11$		$r = .26$ $p = .17$	
Choice option (decision-making)	Percentage of correct responses	20%	71%	30%	65%	67%	62%	7%	49%	40%	46%
	Correlation between performance (forced-use games) and choices (subsequent free-use games)	$r = .27$ $p = .15$		$r = .16$ $p = .41$		$r = .15$ $p = .44$		$r = .01$ $p = .95$		$r = -.14$ $p = .47$	

Correlations are point-biserial correlations between performance in each option (forced-use games) and the number of subsequent choices in that option (free-use games). For Experiments 2 and 3, correlations only concern the free-use games that are presented just after the forced-use games.

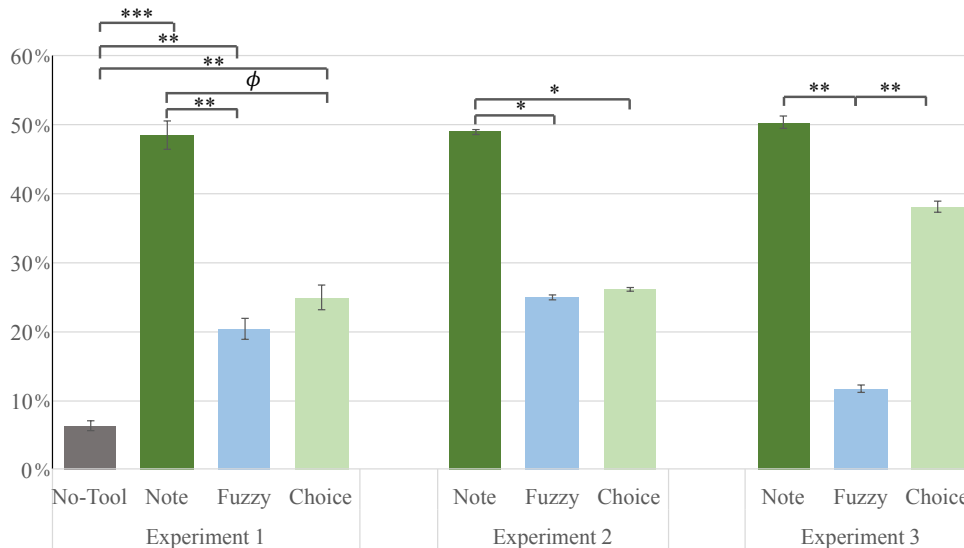


Figure 3. Participants' choice (in percentage) for each option, for each experiment. In Experiment 1, there were 30 choices; in Experiment 2, there was 6 choices; In Experiment 3, there was 12 choices. Bars are error bars. $\phi p = .054$, $* p < .05$; $** p < .01$; $*** p < .001$.

Experiment 2

Correct responses. As summarized in **Table 1**, in the first three forced-use games, participants made 67%, 20% and 30% of correct responses with Note, Fuzzy, and Choice options. A non-parametric, Friedman ANOVA was conducted on the number of correct responses with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. This analysis revealed a significant effect of OPTION ($\chi^2 = 15.52$, $N = 30$, $df = 2$, $p < .001$) indicating that participants were more successful in Note than in other options. Wilcoxon rank-sum tests showed that Note > Fuzzy ($p < .001$), and Note > Choice ($p = .02$). This better performance found in Note disappears in the second three forced-use games (57%, 43% and 67%, respectively) as confirmed by a non-parametric, Friedman ANOVA conducted on the number of correct responses with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. This analysis revealed no significant effect of OPTION ($\chi^2 = 3.7$, $N = 30$, $df = 2$, $p = .15$). Wilcoxon rank-sum tests showed that there was no significant difference between Note and Fuzzy ($p = .30$), Note and Choice ($p = .42$), and Choice and Fuzzy ($p = .13$). In the first three free-use games, participants made 53%, 43%, and 65% of correct responses with Note, Fuzzy, and Choice options, and in the second three free-use games 40%, 33% and 62%, respectively.

Response time in forced-use games. An ANOVA was conducted on response time with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. Concerning the first three forced-use games, this analysis revealed no significant effect of OPTION ($F = 2.98$, $p > .05$; Note: $M = 110$ s; $SE = 14$ s; Fuzzy: $M = 95$ s; $SE = 13$ s; Choice: $M = 91$ s; $SE = 9$ s). Again, no significant effect of OPTION was found for the second three forced-use games ($F = 2.49$, $p > .05$; Note: $M = 98$ s; $SE = 10$ s; Fuzzy: $M = 80$ s; $SE = 7$ s; Choice: $M = 88$ s; $SE = 10$ s).

Group preference. A non-parametric ANOVA was conducted on the number of preferences with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. As illustrated in **Figure 3**, this analysis revealed a significant effect of OPTION ($\chi^2 = 10.32$, $N = 30$, $df = 2$, $p < .01$) indicating that Note was preferred over other options (Wilcoxon rank-sum: Note > Choice, $p < .05$; Note > Fuzzy, $p < .05$).

Individual preference. We used a Fisher's exact test to specify the preferences associated to each participant ($p < .01$). This analysis showed that 3 participants mainly chose Note (10%), 3 participants Choice (10%), and 2 participants Fuzzy (7%). The remaining 22 participants had no preference (73%). The discrepancy between these results (i.e., no clear individual preference for Note) and those obtained above at the group level (i.e., preference for Note) can be explained by the relatively low number of choices participants had to make (i.e., only 6 choices, making difficult the proportion of significant results at the individual level).

Link between performance and preference. Point-biserial correlations were computed between the dichotomous variable correct/incorrect response in each option of the first forced-use games and the number of choices made in the same option in the subsequent free-use games. As shown in **Table 1**, no significant correlation was observed for Note ($p = .20$), Fuzzy ($p = .70$), and Choice ($p = .41$). The same analysis was carried out with the second forced-use games and the number of choices made in the same option in the subsequent free-use games (**Table 1**). Again, no significant correlation was observed for Note ($p = .87$), Fuzzy ($p = .38$), and Choice ($p = .44$). Note that we also calculated correlations between preference in free-use games and response time in forced-use games for each part of the experiment (first and second, see above). Again, no significant correlation was found (all $p > .05$).

Experiment 3

Correct responses. As summarized in **Table 1**, in the first three forced-use games, participants made 40%, 60% and 7% of correct responses with Note, Fuzzy, and Choice options. A non-parametric, Friedman ANOVA was conducted on the number of correct responses with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. This

analysis revealed a significant effect of OPTION ($\chi^2 = 17.04, N = 30, df = 2, p < .001$) indicating that participants were less successful in Choice than in other options. Wilcoxon rank-sum test showed that Choice < Note ($p = .01$), and Choice < Fuzzy ($p < .001$). There was no significant difference between Note and Fuzzy ($p = .15$). This lesser performance found in Choice disappears in the second three forced-use games (60%, 43% and 40%, respectively). A non-parametric ANOVA was conducted on the number of correct responses with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. This analysis revealed no significant effect of OPTION ($\chi^2 = 2.95, N = 30, df = 2, p = .22$). Wilcoxon rank-sum test showed that there was no significant difference between Note and Fuzzy ($p = .28$), Note and Choice ($p = .21$), and Choice and Fuzzy ($p = .73$). In the first six free-use games, participants made 41%, 30%, and 49%, of correct responses with Note, Fuzzy, and Choice options, and in the second six free-use games 49%, 21% and 46%, respectively.

Response time in forced-use games. An ANOVA was conducted on response time with the factor OPTION (Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. Concerning the first three forced-use games, this analysis revealed no significant effect of OPTION ($F = 0.84, p > .05$; Note: $M = 112s; SE = 8s$; Fuzzy: $M = 105s; SE = 6s$; Choice: $M = 102s; SE = 7s$). Again, no significant effect of OPTION was found for the second three forced-use games ($F = 1.45, p > .05$; Note: $M = 102s; SE = 6s$; Fuzzy: $M = 95s; SE = 6s$; Choice: $M = 104s; SE = 7s$).

Group preference. A non-parametric ANOVA was conducted on the number of preferences with the factor OPTION (No-Tool, Note, Fuzzy, and Choice) as within-subject factor. As illustrated in **Figure 3**, this analysis revealed a significant effect of OPTION ($\chi^2 = 17.80, N = 30, df = 2, p < .001$) indicating that Note was preferred over other options (Wilcoxon rank-sum: Note > Fuzzy, $p < .01$; Choice > Fuzzy, $p < .01$).

Individual preference. We used a Fisher's exact test to specify the preferences associated to each participant ($p < .01$). This analysis confirmed the results obtained at the group level by showing that 12 participants mainly chose Note (40%), 9 participants Choice (30%), and 2 participants Fuzzy (7%). The remaining 7 participants had no preference (23%).

Link between performance and preference. Point-biserial correlations were computed between the dichotomous variable correct/incorrect response in each option of the first forced-use games and the number of choices made in the same option in the subsequent free-use games. As shown in **Table 1**, no significant correlation was observed for Note ($p = .88$), Fuzzy ($p = .11$), and Choice ($p = .95$). The same analysis was carried out with the second forced-use games and the number of choices made in the same option in the subsequent free-

use games (**Table 1**). Again, no significant correlation was observed for Note ($p = .82$), Fuzzy ($p = .17$), and Choice ($p = .47$). Note that we also calculated correlations between preference in free-use games and response time in forced-use games for each part of the experiment (first and second, see above). Again, no significant correlation was found (all $p > .05$).

Preference and cognitive score. The correlations obtained between preferences and performance at cognitive score are provided in **Table 2**. This analysis revealed a negative significant correlation between the decision-making score and preference for Note, and a positive significant correlation between the decision-making score and preference for Choice.

Preference and metacognitive score. The correlations obtained between preferences and metacognitive score are provided in **Table 2**. We only found negative significant correlations between the preference for an option and the corresponding metacognitive score. To deepen the statistical analysis of these last three correlations, we made linear regressions that confirmed the uniqueness of the link between the preference for each option and the corresponding metacognitive score (**Table 3**).

Table 2. Links between different options (Note, Fuzzy and Choice) and the cognitive score on the hand and the metacognitive score on the other hand.

	Pearson Correlations		
	Note option	Fuzzy option	Choice option
<i>Cognitive score</i>			
Working memory	.081	-.049	-.052
Selective visual attention	-.189	.275	.021
Decision-making	-.432**	-.085	.497**
<i>Metacognitive score</i>			
Working memory	-.362 *	.120	.295
Selective visual attention	.100	-.364 *	.126
Decision-making	.350	.151	-.454 *

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Table 3. Linear regression showing the significant link between different cognitive tools (Note, Fuzzy and Choice option) and the metacognitive score in working memory, selective visual attention and decision-making.

Linear Regression			
	β	t	p
<i>Note option</i>			
Metacognitive score in working memory	-.095	-2.053	*
$R^2_{adj} = .100, F = 4.216, p = 0.049$			
<i>Fuzzy option</i>			
Metacognitive score in selective visual attention	-.060	-2.068	*
$R^2_{adj} = .101, F = 4.275, p = 0.048$			
<i>Choice option</i>			
Metacognitive score in decision-making	-.071	-2.695	**
$R^2_{adj} = 0.178, F = 7.263, p = 0.012$			

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Discussion

The first key finding is that people prefer to use a cognitive tool than no tool, and particularly a cognitive tool assisting working memory rather than selective visual attention and decision-making. This is consistent with previous work demonstrating that people are very prone to using off-loading, cognitive tools as external memories (Henkel, 2014; Risko & Dunn, 2016; Sparrow et al., 2011; Storm & Stone, 2015). The interesting issue is why this kind of cognitive tool might be preferred. A first possibility is that participants were simply better using the Note option. Consistent with this, we found that, in the first forced-use games, participants were generally better using the Note option than the Fuzzy and Choice options. However, this interpretation remains delicate because, after prolonged use, these differences disappeared, participants improving themselves with all the cognitive tools. In addition, we did not find any significant correlation between performance in forced-use games and preference in free-use games (see below for more discussion on this aspect). A second possibility is that people “prefer

to acquire information just as it is needed, rather than holding an item in memory” (Hayhoe, 2000, p. 50), a hypothesis called the minimum memory hypothesis (see also Ballard, Hayhoe, & Pelz, 1995; for an alternative view, see Gray, Sims, Fu, & Schoelles, 2006). Another possibility can be offered in light of the classical effectiveness/efficiency distinction (Frojkaer, Hertzum, & Hornbaek, 2000). Participants could have the metacognitive experience to reach the same level of performance by spending more time to look for the target character instead of using the Fuzzy option or to make the right decision instead of using the Choice option. Said differently, they could have perceived both the Fuzzy option and the Choice option as a help to be more efficient (i.e., gaining time/effort) but not more effective. By contrast, they could have thought that if they forgot the clues previously obtained, their level of performance could decrease dramatically. In this context, only the Note option allowed them to be more effective. These results suggest that people might favor perceived effectiveness over efficiency, corroborating previous work in the field of tool acceptance (Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1989; Dillon & Morris, 1999). Further research is needed to explore this possibility, because we also found that many participants preferred to use the Choice option. This aspect suggests that the potential preference for effectiveness over efficiency might be subject to inter-individual variability, confirming models supporting the hypothesis of different user profiles (e.g., utilitarian vs. hedonistic; Van Der Heijden, 2004).

The second key finding is that the meta-representation of participants’ performance influences the decision to use one cognitive tool over another much more than performance itself, corroborating previous work on cognitive offloading and metacognition (Dunn & Risko, 2016; Gilbert, 2015; Risko & Dunn, 2015; Risko & Gilbert, 2016). The less we feel confident for a given cognitive function, the more we choose a tool assisting this cognitive function, regardless of our performance level. This finding provides an alternative to the aforementioned efficiency/effectiveness hypothesis to explain the inter-variability observed in our three experiments for the different cognitive tools. More specifically, meta-representations could be the main engine of tool acceptance, leading participants to choose the best cognitive tool they could need based on an estimation of their own skills without tools. This interpretation opens interesting avenues in the field of tool acceptance where classical models generally overlook the meta-representational level, instead focusing on how people perceive the efficiency/effectiveness of a tool.

The third key finding is that participants’ performance does not impact the subsequent preference for a given tool. It has been suggested that mixtures of perceptual-motor and cognitive resources are adjusted on the basis of their cost-benefits tradeoffs for interactive

behavior (Gray et al., 2006; see also Kool, McGuire, Rosen, & Botvinick, 2010). This on-line adjustment is very close to the concept of metacognitive experiences, one of the two components of metacognition, the other being meta-representations (also called metacognitive beliefs; Risko & Gilbert, 2016). The absence of link between performance and preference seems to indicate that preference is more influenced by meta-representations than metacognitive experiences. Nevertheless, this interpretation remains to be taken with caution because much more research is needed to generalize our results to other tasks and cognitive tools.

Acknowledgments

This work was supported by grants from ANR (Project “Cognition et économie liée à l’outil/Cognition and tool-use economy” ECOTOOL; ANR-14-CE30-0015-01), and was performed within the framework of the LABEX CORTEX (ANR-11-LABX-0042) of Université de Lyon, within the program “Investissements d’Avenir” (ANR-11- IDEX-0007) operated by the French National Research Agency (ANR). There are no conflicts of interest.

References

- Alexandre, B., Navarro, J., Reynaud, E., & Osiurak, F. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work, 20*, 165–177.
- Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., & Pelz, J. B. (1995). Memory representations in natural tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience, 7*, 66–80.
- Bechara, A., Damasio, A.R., Damasio, H., & Anderson, S.W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition, 50*, 7–15.
- Brand, M., Greco, R., Schuster, A., Kalbe, E., Fujiwara, E., Markowitsch, H.J., & Kessler, J. (2002). The game of dice—a new test for the assessment of risktaking behavior. *Neurorehabilitation & Neural Repair, 16*, 142–143.
- Brevers, D., Cleeremans, A., Goudriaan, A.E., Bechara, A., Kornreich, C., Verbanck, P., & Noël, X. (2012). Decision making under ambiguity but not under risk is related to problem gambling severity. *Psychiatry Research, 200*, 568–74.
- Czaja, S.J., Charness, N., Fisk, A.D., Hertzog, C., Nair, S.N., Rogers, W.A., & Sharit, J. (2006). Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and Aging, 21*, 333–352.

- Davis, F., Bagozzi, R., & P. Warshaw (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35, 982–1003.
- Dillon, A., & Morris, M. (1999). Power, perception and performance: from usability engineering to technology acceptance with the P3 model of user response. *43rd Annual Conference of the Human Factors and Ergonomics Society*, Houston, TX.
- Dunn, T. L., & Risko, E. F. (2016). Toward a metacognitive account of cognitive offloading. *Cognitive Science*, 40, 1080–1127.
- Frojkaer, E., Hertzum, M., & Hornbaek, K. (2000). Measuring usability: are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated? *CHI Letters*, 2, 345–352.
- Gauthier, L., Dehaut, F., & Joanette, Y. (1989). The Bells Test: a quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11, 49–54.
- Gilbert, S. J. (2015). Strategic use of reminders: Influence of both domain-general and task-specific metacognitive confidence, independent of objective memory ability. *Consciousness and Cognition*, 33, 245–260.
- Gray, W. D., Sims, C. R., Fu, W. -T., & Schoelles, M. J. (2006). The soft constraints hypothesis: A rational analysis approach to resource allocation for interactive behavior. *Psychological Review*, 113, 461–482.
- Hayhoe, M. (2000). Vision using routines: A functional account of vision. *Visual Cognition*, 7, 43–64.
- Henkel, L. (2014). Point-and-shoot memories, the influence of taking photos on memory for a museum tour. *Psychological Science*, 25, 396–402.
- Hornbæk, K. (2006). Current practice in measuring usability: challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 79–102.
- Iyengar, S. S., & Lepper, M. R. (1999). Rethinking the role of choice: a cultural perspective on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76, 349–366.
- Iyengar, S. S., & Lepper, M. (2000). When choice is demotivating: can one desire too much of a good thing? *Journal of Personality and Social Psychology*, 79, 349–366.
- King, W.R., & He, R. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information and Management*, 43, 740–755.

- Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic actions. *Cognitive Science, 18*, 513–549.
- Kool, W., McGuire, J. T., Rosen, Z. B., & Botvinick, M. M. (2010). Decision making and the avoidance of cognitive demand. *Journal of Experimental Psychology: General, 139*, 665–682.
- Leotti, L. A., Iyengar, S. S., & Ochsner, K. N. (2010). Born to choose: the origins and value of the need for control. *Trends in Cognitive Sciences, 14*, 457–463.
- Lowery, N., Ragland, J.D., Gur, R.C., Gur, R.E., & Moberg P.J. (2004). Normative data for the symbol cancellation test in young healthy adults. *Applied Neuropsychology, 11*, 218–221.
- Osiurak, F., Navarro, J., Reynaud, E., & Thomas, G. (2018). Tools don't – and won't make the Man: a cognitive look at the future. *Journal of Experimental Psychology: General, 147*, 782–788.
- Risko, E. F., Medimorec, S., Chisholm, J., & Kingstone, A. (2014). Rotating with rotated text: a natural behavior approach to investigating cognitive offloading. *Cognitive Science, 38*, 537–564.
- Risko, E. F., & Dunn, T. L. (2015). Storing information in-the-world: Metacognition and cognitive offloading in a short-term memory task. *Consciousness and Cognition, 36*, 61–74.
- Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences, 20*, 676–688.
- Schwartz, B. (2004). *The paradox of choice: why more is less*. New York: Harper Perennial.
- Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google effects on memory: cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science, 333*, 776–778.
- Storm, B., & Stone, S. (2015). Saving-enhanced memory, the benefits of saving on the learning and remembering of new information. *Psychological Science, 26*, 182–188.
- Van Der Heijden, H. (2004). User acceptance of hedonic information systems. *Management Information Systems Quarterly, 28*, 695–704.
- Venkatesh, V., & Morris, M.G. (2000). Why do not men ever stop to ask for directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *Management Information Systems Quarterly, 24*, 115–139.

- Virgo, J., Pillon, J., Navarro, J., Reynaud, E., & Osiurak, F. (2017). Are you sure you're faster when using a cognitive tool? *American Journal of Psychology*, *130*, 493–503.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 625–636.

Troisième Partie : Discussion

1-Remarques sur la méthodologie dans l'évaluation de l'utilisation d'outil

1-1 Principaux critères de l'acceptation retenus

Comme nous l'avons vu au travers de l'état de l'art dans la partie théorique, puis dans la revue *Acceptance and acceptability criteria : a literature review* (**Article 1**), les investigations concernant l'acceptation, l'acceptabilité et l'adoption des technologies apportent des connaissances variées et en grand nombre dont il est parfois difficile de dégager une ligne directrice. En effet, la littérature suggère un très grand nombre de critères de l'acceptation, c'est pourquoi il semble difficile de proposer un seul critère expliquant l'adoption d'outil. Cependant, nous avons vu que certains critères sont plus souvent cités que d'autres, et ont une plus grande importance. En particulier, on a pu à travers ce manuscrit proposer une nouvelle classification en quatre méta-critères. Trois méta-critères sont directement liés à l'outil en lui-même (Utilité, Facilité et Esthétique), et semblent couvrir la majorité des critères de la littérature (65% pour l'ensemble des 142 critères, 70% si on s'intéresse seulement aux 52 critères principaux, i.e. ceux ayant la plus grande influence dans chaque modèle). Le quatrième méta-critère représente les différences contextuelles, individuelles et sociales, et représente la variabilité des expériences d'utilisation de l'outil. Au vu de ces résultats, des futures recherches pourraient se focaliser principalement sur ces quatre critères. De plus, les informations rassemblées dans ce manuscrit montrent que l'acceptation et l'acceptabilité semblent être des phénomènes hautement subjectifs. Historiquement, les chercheurs ont de plus en plus mis l'accent sur l'importance des facteurs individuels, et sur la pluralité des expériences des utilisateurs. C'est pourquoi il apparaît difficile de proposer un modèle universel. Cependant il est possible de poser des constats qui sont communs à toute action outillée : L'utilisateur est un sujet socialement et psychologiquement situé, qui utilise l'outil dans un contexte donné, avec une tâche spécifique à effectuer, impliquant une influence de l'environnement et une internalisation de l'expérience (notamment via les jugements, émotions, attitude, motivation, confiance, etc.). De plus, on retient l'importance du phénomène de la temporalité. L'usage et l'acceptation sont des processus temporels et dynamiques, ce qui pourrait expliquer pourquoi il y a une si large variabilité des résultats dans la littérature.

1-2 Apport de la thèse sur la méthodologie en recherche

Les résultats de nos recherches nous permettent également d'avancer des recommandations en design d'expérience, notamment sur le choix de l'outil dans une expérience portant sur l'utilisation d'outils et sur les choix méthodologiques dans la procédure des expériences. Si on peut supposer que la relation entre l'outil est multidimensionnelle et temporelle, les futures études sur ce sujet devraient proposer autre chose qu'une évaluation unique. Aussi, la plupart des études se focalisent sur un certain type d'outils (souvent des outils digitaux tels que les ordinateurs, les sites web, des logiciels ou des applications virtuelles). Les futures études devraient investiguer d'autres types d'outils, comme des outils physiques. Dans nos expériences, c'est pour cette raison que certaines expériences portent sur des outils à dominance physique (**Article 2**), et d'autres sur des outils à dominance cognitive (**Article 3**). De plus, dans presque l'ensemble des études de la littérature, nous avons pu remarquer que l'utilisation des outils est toujours forcée ou guidée, ce qui veut dire qu'on ne prend pas en compte le fait que l'utilisateur pourrait refuser l'utilisation de l'outil proposé. Dans le futur, il sera nécessaire de mettre en place des méthodologies diversifiées afin d'étudier ce problème. C'est pour éviter de confronter les utilisateurs à des utilisations forcées d'outils que nous avons mis en place des expériences où les participants pouvaient naviguer librement entre les outils (**Article 2**), ou alterner des phases d'utilisations forcées et de d'utilisations libres (**Article 3**). Enfin, on peut également évoquer l'importance d'une méthodologie exigeante dans le choix d'outil au niveau social, i.e. impliquant des groupes d'utilisateurs. En effet, dans notre article utilisant des xylophones, même si nous avons montré que les sujets sont impliqués dans la tâche et qu'ils effectuent des progrès significatifs dans l'apprentissage de l'outil, certains aspects ont montré que d'autres recherches sont nécessaires en se focalisant sur l'aspect de l'influence sociale. Nos résultats montrent (**Article 2**) que le critère de l'Esthétique n'a pas ou peu d'influence sur la préférence de l'outil et le temps passé sur l'outil. On peut supposer que ces résultats proviennent du fait que l'utilisateur manipule son outil seul durant l'expérimentation, et ne souffre pas du jugement de ses pairs. Il pourrait être intéressant de mettre en place des expériences avec plusieurs utilisateurs, pour étudier l'influence du groupe sur l'utilisation et la diffusion de l'outil, et également construire des outils écologiquement plus valides, qui ont une réelle influence sur le choix des participants. De manière plus générale, il faut mettre l'accent sur l'importance de l'environnement et du contexte. Une action outillée se fait toujours dans un contexte donné, et l'environnement fourni une quantité de variable à l'utilisation et dans

l'acceptation de l'outil. De futures expériences devraient donc plus en détail s'intéresser à la question du contexte et du poids de l'environnement.

2-Comment juge-t-on un outil ?

Influences des critères sur le jugement que l'on porte sur l'outil

Sur le phénomène de l'acceptabilité, concernant les résultats de la première expérience présentée dans l'article *Tool Acceptance And Acceptability : Insights From A Real Tool Use Activity* (**Article 2**) nous avons pu constater que les trois critères (Facilité, Utilité et Esthétique) sont bien reconnus par les participants, et donc assez indépendants pour être distingués, que ce soit en vidéo (où les participants émettent un jugement d'acceptabilité, i.e. avant d'utiliser l'outil) ou après une courte utilisation des outils. Concernant l'acceptabilité, la Facilité est le critère qui influence le plus les jugements des utilisateurs, puisque ce critère vient modifier la perception qu'ont les sujets des deux autres critères (Utilité et Esthétique), lorsque les participants jugent les outils en les observant seulement. Cependant, on constate qu'une courte utilisation de l'outil permet de supprimer cette influence. En effet le critère de la Facilité n'a plus d'influence sur le jugement qu'ont les utilisateurs sur l'outil une fois qu'ils l'ont essayé. Le second critère le plus influent est l'Utilité, qui va influencer mais de manière moins significative la perception qu'auront les utilisateurs de la Facilité et de l'Esthétique, lorsqu'ils observent quelqu'un utiliser l'outil. Mais là aussi, cette influence disparaît après une courte utilisation. Enfin, l'Esthétique est le critère le moins influent, puisqu'il influence seulement la perception qu'ont les utilisateurs de la Facilité à utiliser l'outil, lorsqu'ils observent quelqu'un utiliser un outil pour la première fois. Cette influence disparaît lorsque les utilisateurs observent l'outil en train d'être utilisé pour la seconde fois. Concernant les résultats de la deuxième expérience présentés dans l'article *Tool Acceptance And Acceptability: Insights From A Real Tool Use Activity*, (**Article 2**) nous avons pu démontrer qu'il existe une influence des critères lorsqu'on demande aux utilisateurs d'évaluer les outils sur leur Utilité, leur Facilité et leur Esthétique après une utilisation à long terme (dans notre cas après cinq séances). Même si les trois critères sont bien identifiés par les utilisateurs et sont indépendants, on observe que le critère de l'Utilité aura une influence sur la vision qu'ont les participants de la Facilité à utiliser l'outil, et que l'Esthétique va influencer la vision qu'auront les utilisateurs de l'Utilité.

En conclusion générale, l'**article 2** montre que lorsqu'on observe quelqu'un utiliser un outil, un outil facile à utiliser paraîtra plus utile et plus esthétique (après la 1^{ère} et la 2^{nde}

observation) ; un outil utile paraîtra plus facile et plus esthétique (après la 1^{ère} et la 2^{nde} observation), et enfin un outil esthétique va paraître plus facile à utiliser (après la 1^{ère} observation seulement.) Ces influences disparaissent quand les utilisateurs utilisent l'outil, plutôt que d'observer quelqu'un l'utiliser. Après une longue utilisation en revanche (cinq séances) on constate qu'un outil utile va paraître plus facile à utiliser, et un outil esthétique va paraître plus utile.

3-Quels critères nous poussent à utiliser un outil ?

Hierarchie des critères de l'acceptation

Concernant les résultats de la 2^{ème} expérience présenté dans l'article *Tool Acceptance And Acceptability : Insights From A Real Tool Use Activity*, (**Article 2**), nous avons pu constater que les préférences des utilisateurs dépendent directement des critères liés à l'outil. Si on s'intéresse au classement des outils préférés par les utilisateurs, c'est-à-dire lorsqu'ils classent par ordre de préférence huit outils variant selon les trois critères retenus (Facilité, Utilité, Esthétique), on constate que c'est le critère de l'Utilité qui va influencer le choix des utilisateurs, les outils utiles étant leurs outils préférés. Dans un second temps, c'est la Facilité qui a le plus d'influence ; parmi les outils utiles, ce sont les outils faciles à utiliser qui sont retenus. Enfin, on constate qu'à de très rares exceptions près, le critère de l'Esthétique n'a pas d'influence sur les préférences des utilisateurs. Le même mécanisme est en œuvre si on s'intéresse non plus au classement mais au temps passé sur les outils : on constate d'ailleurs une corrélation entre la préférence et le temps passé sur un outil ; plus un outil est préféré, plus on passera de temps dessus. Pour conclure, les participants semblent préférer les outils utiles, puis au sein de ces outils utiles ils sélectionnent en majorité ceux qui seront utilisés avec le moins d'effort possible, les outils faciles.

4-Observer un outil et l'utiliser : Deux représentations différentes de l'outil

Suite à nos résultats sur l'acceptabilité (le jugement avant expérience, a priori) et l'acceptation (le jugement après un usage réel, a posteriori) dans l'article *Tool Acceptance And Acceptability: Insights From A Real Tool Use Activity*, nous pouvons faire des constats sur la différence de représentation et de perception de l'outil et de son utilisation lorsque les

utilisateurs observent autrui utiliser l'outil *versus* lorsqu'ils l'utilisent eux-mêmes. En effet, lorsque les utilisateurs jugent un outil en l'évaluant sur sa Facilité, son Utilité ou son Esthétique, ils réagiront différemment selon le type d'exposition. Comme expliqué précédemment, quand un utilisateur observe un outil en train d'être utilisé par autrui (**Article 2, Expérience 1**), il va correctement identifier les trois critères (Facilité, Utilité, Esthétique), mais ne pourra pas complètement les ignorer puisque certains critères ont une influence sur d'autres, et c'est principalement la Facilité qui va avoir une influence sur les autres critères. En revanche après une courte utilisation, cette influence disparaît (**Article 2, Expérience 1**). Après une utilisation au long terme (5 sessions, **Article 2, Expérience 2**), on constate qu'une influence différente apparaît : c'est l'Utilité et l'Esthétique qui vont influencer les jugements de l'utilisateur. Cette dernière observation est en accord avec de précédents travaux qui ont décrit une influence positive de l'Esthétique sur l'utilisabilité perçue (un critère composé de la Facilité, de l'Utilité et de la satisfaction ; Nielsen 1994) ; en d'autres mots, les outils esthétiques sont considérés comme étant plus utilisables par les utilisateurs (Kurosu & Kashimura 1995; Sonderegger & Sauer 2010; Tractinsky, Katz & Ikar 2000). Les utilisateurs n'utiliseraient donc pas les mêmes stratégies cognitives pour évaluer un outil lorsqu'ils observent quelqu'un utiliser un outil et lorsqu'ils utilisent eux-mêmes l'outil, même de manière unique et rapide.

De plus, de manière générale c'est donc la hiérarchie des critères qui varie selon le type d'exposition à l'outil et la temporalité. Il est clair que même si dans le jugement d'un outil, un critère peut être influencé par d'autres (notamment la Facilité dans l'acceptabilité, et l'Utilité et l'Esthétique dans l'acceptation), lorsqu'en pratique les utilisateurs doivent choisir leur outil préféré, c'est bien l'Utilité (i.e. l'aspect de productivité, de gain, de finalité) de l'outil qui va jouer un rôle. Puis, une fois que les outils utiles sont sélectionnés, alors seulement l'utilisateur s'intéressera aux efforts nécessaires pour utiliser chaque outil (critère de la Facilité). Ces préférences sont particulièrement ancrées dans le comportement des utilisateurs, puisqu'on constate des patterns identiques concernant le temps passé sur chaque outil. Encore une fois, cette différence fondamentale avec les résultats sur le jugement de l'outil nous pousse à supposer qu'il existe une différence dans les processus cognitifs des utilisateurs lorsqu'ils observent un outil en train d'être utilisé ou lorsqu'ils l'utilisent eux-mêmes.

Nous pouvons interpréter cette différence de la manière suivante : Lorsqu'on observe quelqu'un utiliser un outil, on va plus prêter attention à la Facilité, peut-être parce qu'on se focalise sur la manière dont l'action est en train d'être réalisée, les efforts et la charge cognitive ou physique qu'autrui semble ressentir lorsqu'il utilise l'outil ; en quelque sorte on se met à la place de la personne qu'on observe, et on se focalise sur son ressenti et son expérience plutôt

que sur l'outil en lui-même. A l'inverse, quand c'est à nous d'utiliser l'outil, nous avons tendance à oublier dans un premier temps la Facilité, pour se concentrer sur l'Utilité, se refocalisant ainsi sur le but de l'action et la finalité de notre activité, en préférant les outils utiles avant tout.

Nos résultats nous permettent également de consolider les résultats de précédentes études, et de faire des remarques théoriques. Premièrement, la différence d'importance et d'influence des trois critères (Facilité, Utilité, Esthétique) en acceptabilité (où l'on observe que la représentation de l'outil est influencée principalement par la Facilité) et en acceptation (où l'on observe que a) la représentation de l'outil est principalement influencée par l'Utilité et l'Esthétique, b) que les choix des utilisateurs, en préférence ou en temps passé sur l'outil, sont influencés principalement par l'Utilité puis par la Facilité) pourrait expliquer la très grande variabilité voire les contradictions dans les résultats des modèles de l'acceptation (Alexandre et al. 2018 ; King & He 2006 ; Legris, Ingham, & Colletterte 2003). Cependant, nos résultats sur l'acceptation nous permettent malgré tout de consolider les premiers résultats des travaux sur le modèle de l'acceptation des technologies de Davis (TAM), qui a démontré que l'Utilité perçue a le lien le plus fort (50% plus influent que la Facilité perçue) sur l'utilisation et l'intention d'utiliser l'outil (Davis, 1989 ; Keil et al., 1995 ; Legris et al., 2003). Similairement, nos résultats sur l'acceptabilité sont en accord avec les travaux sur la Facilité qui ont montré qu'elle avait une influence sur l'intention d'utiliser l'outil (Chau, 1996 ; Legris et al., 2003) et sur la perception du critère de l'Utilité (Igarria, 1997 ; Legris et al., 2003).

5-Objets, désir et mimétisme

5-1 La théorie girardienne du désir mimétique

Comme expliqué précédemment, nos résultats (**Article 2**) ont pu montrer qu'il existe une différence entre observer l'outil et l'utiliser : comme nous l'avons vu la représentation de l'outil dépendra de la position du sujet, i.e. s'il agit en tant qu'acteur ou en tant qu'observateur. Cette observation peut prendre une dimension nouvelle à la lumière des théories du désir mimétique de René Girard, qui a proposé l'idée que lorsqu'on regarde quelqu'un utiliser un objet, on regarde les signes d'expression de son désir (i.e. la manière dont il utilise l'outil) plutôt que l'objet de son désir en lui-même (i.e. l'outil ; Girard, 1961 ;1972). Selon cette théorie, appelée théorie du désir mimétique, l'environnement est constitué d'une multitude d'objets, et c'est le désir (l'envie et le besoin ressenti d'utiliser ou de faire sien un objet, selon Girard) qui

va être le moteur essentiel du choix d'un objet en particulier. Pour cela, l'individu va se baser sur un tiers, appelé médiateur (Ladwein, 2015). Le médiateur définit l'objet du désir, et l'individu qui observe en utilisant un outil va imiter le désir supposé de ce médiateur. Ce phénomène est appelé triangulation du désir mimétique, définissant une relation triple entre le médiateur (la personne qui utilise un objet), le sujet (observant le médiateur) et l'objet en lui-même (Ladwein, 2015). La **Figure 11** représente schématiquement cette triangulation entre le médiateur, le sujet et l'objet.

Le triangle mimétique selon la théorie girardienne

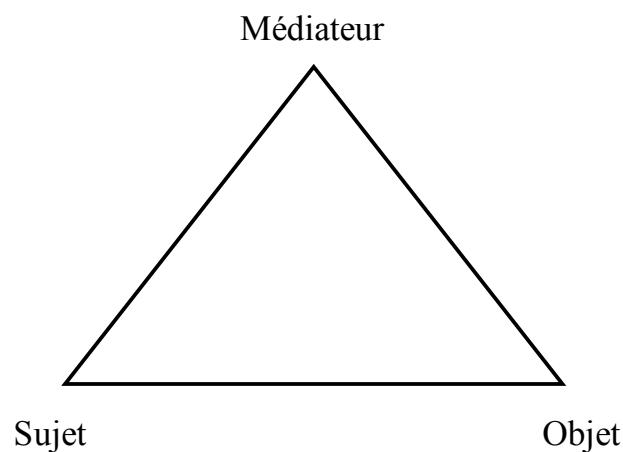


Figure 11 : La triangulation du désir selon R. Girard. Schéma adapté à partir de Ladwein (2015)

Ce triangle mimétique peut paraître simpliste et peu novateur, c'est pourtant une véritable révolution théorique. En effet, l'ajout de cette troisième variable, l'apparition du médiateur dans la relation entre le sujet et l'objet, suppose que le désir d'utiliser un objet n'est pas spontané, i.e. qu'il n'est pas un phénomène autonome, et que l'utilisation d'outil est dépendante à l'imitation (Bourdin, 2016). Cette importance de l'imitation dans l'action outillée renvoie forcément aux travaux sur les neurones miroirs de Rizzolatti, qui ont montré que l'imitation est centrale dans l'interaction humaine, et que la propriété mimétique du cerveau fait que lorsqu'on observe un individu effectuant une action, on déclenche le même mécanisme neuronal que si on exécutait cette même action. (Bourdin, 2016 ; Rizzolatti & Sinigaglia, 2008). Girard parle en ces termes : « L'objet n'est qu'un moyen d'atteindre le médiateur. C'est l'être de ce médiateur que vise le désir » (Girard, 1961). En d'autres mots, en observant quelqu'un utiliser un outil, on se met à la place du médiateur. L'utilisation d'outil serait donc déterminée par une logique d'identification au médiateur (pour reprendre les mots de Ladwein, 2015) ; quand on observe, on oublie l'outil pour se concentrer sur le tiers qui l'utilise.

5-2 Applications de la théorie du désir mimétique

Si dans la théorie de Girard l'objet du désir peut sembler vague et abstrait, il peut largement s'appliquer aux objets de la vie de tous les jours. Dumouchel et Dupuy (1979) avait déjà compris l'intérêt que pouvait avoir la théorie girardienne pour comprendre les comportements des consommateurs, notamment sur la dimension économique, pour expliquer nos actes quotidiens de sélection d'objets et d'achats. Dumouchel et Dupuy (1979) montrent que le désir mimétique est un mécanisme de reconnaissance sociale dans l'utilisation d'objet, en prenant l'exemple parlant de la publicité : La publicité est construite de manière à ce que quand on observe quelqu'un utiliser un produit, on ne se concentre pas sur l'outil, le produit en lui-même, mais bien sur les individus qui les utilisent (i.e. le médiateur selon Girard), et les conséquences que le produit a sur elle. Le consommateur accède à l'objet et le désire non pas pour ses fonctionnalités mais bien par imitation de l'individu qui est en train de l'utiliser. Par exemple, dans une publicité pour vendre une voiture, on n'insistera pas forcément sur les fonctionnalités de l'outil (le confort de la voiture, sa vitesse, ses options ou ses caractéristiques techniques) mais plutôt sur les bénéfices pour l'individu qui utilise l'outil (le fait que la voiture lui amène du succès auprès du sexe opposé ou le fait que la voiture soit un signe extérieur de richesse par exemple). Ici, le désir d'utiliser un outil est mimétique parce qu'il est « déterminé par le désir d'un autre pour le même objet » (Bourdin, 2016). L'observation de l'utilisation d'outil par un tiers médiateur, dans l'exemple de la publicité, est un exemple idéal pour bien comprendre la portée de la théorie du désir mimétique de Girard ; Girard écrit : « Le désir est essentiellement mimétique, il se calque sur un désir modèle ; il élit le même objet que ce modèle ». Pour l'expliquer en des mots plus simples, Jauvion (1998) souligne le fait que le sujet désirant utiliser un outil « ne désire pas des objets en tant qu'ils seraient désirables par eux-mêmes, mais parce qu'autrui en les désirant, les rend désirables ».

5-3 Théorie du désir mimétique et acceptation de l'outil

Revenons à des aspects plus pragmatiques, afin de lier cette théorie à l'objet de cette thèse. Si la théorie girardienne peut paraître être seulement une lecture philosophique de l'utilisation d'outil, cette approche originale de la motivation dans l'action outillée nous permet malgré tout de prendre un peu de recul sur nos travaux expérimentaux. Comme dans la théorie

girardienne, nous avons pu observer que le médiateur (celui qui utilise l'outil) exerce une influence dans les représentations qu'a le participant sur l'outil, quand il observe ce médiateur. Les travaux de Girard pourraient expliquer les différences constatées entre l'acceptabilité et l'acceptation, en tout cas amener une grille de lecture et d'interprétation originale. Pour rappel, parmi nos résultats principaux nous avons montré que le critère de la Facilité influence l'acceptabilité (lorsqu'on observe quelqu'un utiliser l'outil), et le critère de l'Utilité influence l'acceptation (lorsqu'on utilise l'outil). Seul face à l'outil, on se focalise sur le besoin, sur son utilité, sur la productivité. En observant autrui en revanche, on se focalise sur le désir, sur la manière qu'il a d'être avec l'outil, sur son ressenti et les conséquences qu'à l'outil sur le médiateur, ce qui expliquerait pourquoi la Facilité joue un si grand rôle dans les représentations des outils par les sujets. La théorie girardienne pourrait donc être appliquée aux résultats de nos travaux, en expliquant l'importance de l'existence du médiateur et son influence auprès du sujet qui juge un objet. Pour comprendre l'interaction entre l'utilisateur et l'outil, il est donc nécessaire de prendre en compte les éléments extérieurs à la relation utilisateur-outil, comme les autres utilisateurs, et non pas seulement considérer l'utilisation d'outil comme une interaction à sens unique entre un utilisateur et son outil. En allant plus loin, cela confirme l'importance de la prise en compte de l'environnement et du contexte (présence ou non d'un tiers par exemple) dans l'utilisation d'outil. Trop souvent, l'étude de l'utilisation de l'outil est biaisée par l'étude en laboratoire, avec des conditions expérimentales trop peu écologiques. Les travaux de Girard, sur l'importance d'autrui (de la société, du groupe, ou de celui que j'observe en train d'utiliser l'outil) et de son influence sur le désir et la sélection de l'outil, réaffirme la variabilité de la situation en contexte, invite à réfléchir, dans de futures expériences, à modéliser cette variable du contexte et de la diffusion de l'outil dans un groupe, et à l'évaluer expérimentalement.

6-Fonctions cognitives et préférences

6-1 Quelles fonction(s) cognitive(s) préfère-t-on assister ?

Concernant les résultats issus de l'article *Which cognitive tools do we prefer to use, and is that preference rational?*, (**Article 3**), le premier constat intéressant est que les utilisateurs préfèrent utiliser un outil cognitif que de ne pas utiliser d'outil pour une activité. En particulier, les préférences se portent largement sur l'outil qui assiste la mémoire de travail, plutôt que celui qui assiste la prise de décision (le deuxième outil préféré) ou celui qui assiste l'attention visuelle

(majoritairement peu utilisé). Ces résultats sont concordants avec de précédents travaux qui ont montré que les sujets ont tendance à se décharger cognitivement en utilisant des outils cognitifs comme des mémoires externes (Henkel, 2014; Risko & Dunn, 2016; Sparrow et al., 2011; Storm & Stone, 2015). Suite à ces résultats, une question primordiale s'impose : Pourquoi les utilisateurs font-ils de tels choix ? Premièrement, pourquoi existe-t-il une préférence pour un outil qui aide en mémoire ?

6-2 *L'hypothèse de la performance*

Une première possibilité serait que les utilisateurs sont tout simplement plus performants avec l'outil qui les aide en mémoire. En lien avec cette hypothèse, nous avons constaté que les participants à l'expérience sont en effet généralement meilleurs quand ils utilisent l'outil qui les aide en mémoire (plutôt que les deux autres outils) en utilisation forcée, c'est-à-dire dans un premier temps lorsqu'ils découvrent l'outil et qu'on les force à essayer chaque outil. Cependant, cette interprétation reste délicate parce qu'après une utilisation prolongée ces différences disparaissent, et les participants améliorent leurs compétences avec chaque outil cognitif. De plus, nous n'avons trouvé aucune corrélation entre la performance dans les premières utilisations forcées et les préférences dans les utilisations suivantes, lorsqu'ils peuvent utiliser l'outil de leur choix. Nous pouvons donc a posteriori rejeter cette hypothèse.

6-3 *L'hypothèse de l'accès à l'information*

Une seconde hypothèse serait celle émise par Hayhoe (2000), selon laquelle les sujets préfèrent acquérir l'information lorsqu'ils en ont besoin, plutôt que de le retenir en mémoire. Cette hypothèse porte le nom de « *minimum memory hypothesis* » (voir Ballard et al. 1995 ; pour un point de vue opposé voir Gray et al., 2006). Ballard et al. (1995) montrent avec justesse toute la stratégie que nous avons pour se servir du monde lui-même comme mémoire de travail, justement parce que notre mémoire est une fonction cognitive critique, fragile, lourde cognitivement et très limitée ; à l'inverse, des actions cognitives comme décider et faire des choix sont moins difficile cognitivement. Dans notre cas, les sujets chercheraient à utiliser l'outil qui leur permet d'accéder à l'information à n'importe quel moment, ipso facto l'outil qui les aide en mémoire de travail.

6-4 L'hypothèse de l'efficacité

Une autre hypothèse est celle de la distinction classique entre efficacité et efficience (*effectiveness/efficiency*, voir Frojkaer, Hertzum & Hornbaek, 2000). L'efficacité représente la capacité à parvenir à l'objectif, et l'efficience l'optimisation de l'atteinte de l'objectif en minimisant les efforts. En effet, les participants pourraient avoir l'expérience métacognitive d'atteindre le même niveau de performance en passant du temps à effectuer une recherche visuelle plutôt que d'utiliser l'outil qui aide en attention visuelle, ou en passant du temps à prendre la bonne décision plutôt que d'utiliser l'outil qui aide en prise de décision. En d'autres mots, les participants pourraient considérer que les outils qui les aident en attention visuelle et en prise de décision permettent d'être plus efficient (i.e. de gagner du temps ou d'éviter des efforts en faisant une tâche que les utilisateurs pourraient faire eux-mêmes mais plus lentement ou avec plus d'efforts), mais en revanche ne permettent pas d'être plus efficace. À l'inverse, les utilisateurs peuvent penser que s'ils oublient les informations nécessaires au bon déroulé de l'activité, leur niveau de performance chutera drastiquement, empêchant ainsi d'être efficace. Dans ce contexte, l'outil assistant la mémoire leur permet d'être plus efficace et d'atteindre leur objectif. Les résultats suggèrent donc que les sujets pourraient favoriser l'efficacité perçue plutôt que l'efficience perçue, confirmant des précédents résultats dans le domaine de l'acceptation de l'outil (Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1989 ; Dillon & Morris, 1999). De futures recherches devront explorer cette question plus en détail, puisque nous avons également trouvé qu'un nombre non négligeable de participants préfèrent utiliser l'outil qui assiste en prise de décision. Ce dernier point indique que la préférence pour l'efficacité plutôt que pour l'efficience pourrait être sujet à une variabilité inter-individuelle, confirmant les modèles qui supportent l'hypothèse de profils d'utilisateurs différents (e.g., *utilitarian* versus *hedonistic*; Van Der Heijden, 2004). Si ces trois hypothèses explorées précédemment peuvent expliquer la préférence pour l'outil qui assiste en mémoire, elles ont donc du mal à expliquer cette variabilité entre les sujets. Une dernière hypothèse, supposant que les méta-représentations sont le moteur de la sélection de l'outil, paraît pouvoir expliquer ces différences individuelles ; elle est expliquée dans la partie suivante.

7-Influence de la performance et des méta-représentations dans l'utilisation d'outils

7-1 La méta-représentation et la performance dans la sélection de l'outil

D'autres résultats issus de l'article *Which cognitive tools do we prefer to use, and is that preference rational*, (**Article 3**), nous permettent de proposer une clé de lecture intéressante pour le choix des outils par les utilisateurs. En effet, nous avons montré (**Article 3, Expérience 3**) que ce n'est pas la performance en elle-même mais la méta-représentation de la performance des participants qui influence la décision d'utiliser un outil cognitif plutôt qu'un autre, confirmant les résultats d'études sur la charge cognitive et la métacognition (Dunn & Risko, 2016; Gilbert, 2015 ; Risko & Dunn, 2015 ; Risko & Gilbert, 2016). Moins on se sent performant dans une fonction cognitive donnée, plus on va choisir un outil qui va assister cette fonction cognitive, et ce indépendamment de notre performance réelle dans cette fonction cognitive. Ce constat nous permet d'exposer une alternative à l'hypothèse efficacité/efficience mentionnée ci-dessus, et pourrait notamment permettre d'expliquer la variabilité inter-sujets que nous observons dans nos trois expériences. Plus spécifiquement, la méta-représentation pourrait être le moteur principal de l'acceptation de l'outil, en amenant les participants à choisir le meilleur outil cognitif dont ils pourraient avoir besoin, en se basant sur une estimation de leurs propres compétences sans l'outil. Ces résultats font également écho à d'autres travaux comme ceux de Lee et Moray (1992 ; 1994) qui montrent que la stratégie utilisée et le type d'interaction avec la machine va dépendre de notre évaluation de la confiance en l'outil, en comparaison avec l'évaluation de ses propres compétences et donc de la confiance en soi.

7-2 La méta-représentation en tant que moteur de l'utilisation d'outil

Cette interprétation propose de relire la question de l'acceptation sous un angle différent et original, en comparaison avec les modèles classiques qui s'intéressent à l'aspect d'efficacité et d'efficience plutôt que de s'intéresser à comment les sujets perçoivent leurs propres compétences et leur perception de l'efficacité et de l'efficience. Un fait important est que, selon nos résultats, la performance des participants dans chaque fonction cognitive n'a aucun impact sur la préférence pour un outil donné. Comme expliqué dans la partie théorique dédiée aux outils cognitifs, les ressources à la fois cognitives et perceptivo-motrices sont ajustées sur la base d'un compromis entre coûts et bénéfices pour le comportement interactif (Gray et al., 2006; voir aussi Kool et al., 2010). Cet ajustement est proche du concept d'expérience métacognitive, un des deux composants de la métacognition, l'autre étant les méta-représentations (ou croyances métacognitives ; Risko & Gilbert, 2016). Cette absence de lien entre performances et préférences indique que la préférence est influencée par les méta-

représentations, donc par les connaissances métacognitives, plutôt que par les expériences métacognitives en elle-même. Une approche novatrice, confortée par nos travaux, pourrait donc placer la méta-représentation comme moteur de l'acceptation de l'outil. Nos choix dans la sélection de l'outil se feraient alors en fonction de la connaissance que nous avons de nous-même, plutôt qu'à partir de nos compétences réelles. La métacognition agirait alors comme un filtre, triant les outils que nous pouvons et voulons ou non utiliser, en se basant sur ce que l'on croit savoir sur nos propres compétences et envies. Puisque la métacognition varie fortement selon les individus, cela expliquerait la grande variabilité des utilisations. Néanmoins, notre interprétation reste fragile et doit être prise avec précaution, puisque nos résultats nécessitent d'autres recherches qui viendront confirmer et généraliser nos résultats à d'autres tâches et d'autres outils cognitifs. Cependant, nos résultats ouvrent la voie à tout un ensemble de travaux sur la métacognition qui pourraient changer notre vision de l'utilisation d'outil. Mes résultats portant sur l'importance de la métacognition sont arrivés plutôt vers la fin de ma thèse ; à vrai dire c'était même une surprise, puisque je n'avais pas mesuré ou même fait l'hypothèse que la métacognition allait jouer un aussi grand rôle dans le comportement des utilisateurs. Je n'ai intégré la dimension de la métacognition que sur conseil de mes directeurs, ce qui s'est révélée être une très bonne idée, puisque c'est devenu un pan entier de ma thèse. Si j'avais pu prédire ce phénomène et son importance dès le début de ma thèse, j'aurais pu étudier bien plus en détail les concepts de métacognition, d'expériences métacognitives et de connaissances métacognitives, en particulier pour mettre en place des expérimentations qui étudient plus en détail l'influence de la métacognition.

8-Perspectives

8-1 Perspectives théoriques : Quels modèles utiliser ?

Concernant la question théorique et méthodologique, il faut souligner que les modèles d'utilisation d'outils sont souvent trop réducteurs, et ne prennent pas en compte l'ensemble des variables jouant dans l'utilisation d'outil. Cette minimisation est tout à fait classique en science, puisqu'en essayant de modéliser et théoriser des comportements humains et cognitifs, un modèle simple plutôt que complexe est souvent nécessaire afin d'éviter de se noyer sous un grand nombre de variables, ce qui complexifierait notre compréhension des phénomènes. Quand on étudie la question de l'acceptation de l'outil, on doit faire face à ce problème : soit on utilise un modèle théorique avec un grand nombre de variables, prenant en compte les

différences individuelles et les multiples profils d'utilisateurs, mais alors on risque de rendre le modèle totalement illisible et beaucoup moins compréhensible ; dans ce cas précis, on en arrive à expliquer peut-être plus de chose qu'avec un modèle simpliste, mais d'un autre côté la complexité du modèle rend notre compréhension in fine moins claire et moins intuitive. La seconde option, et c'est ce que nous avons voulu faire au travers de cette thèse, c'est de mettre de côté la variabilité et la finesse des modèles complexes, pour se concentrer sur les grandes lignes et les grands facteurs de l'utilisation d'outils. Pour ce faire, il paraît nécessaire de se focaliser sur des modèles qui ne possèdent qu'un nombre de variable limité. C'est pourquoi nous nous sommes concentrés soit sur trois critères de l'acceptation (Facilité, Utilité et Esthétique, **Article 1 et 2**), soit sur l'influence de trois fonctions cognitives (mémoire de travail, attention visuelle sélective et prise de décision, **Article 3**). Evidemment, le fait de vouloir utiliser un faible nombre de variables peut être un biais, puisqu'on perd un certain nombre d'information portant sur la variabilité inter-sujets. Nos choix méthodologiques restant des choix, il faudra donc dans de futurs travaux se prononcer sur le niveau de profondeur des modèles et leur précision.

8-2 Plus d'expérimental, moins de théorique ?

Un autre constat est que les chercheurs dans le domaine de l'acceptation devraient également travailler aux réalisations expérimentales des questions théoriques. En effet, nous avons pu constater que la littérature est abondante sur la question des potentiels critères de l'acceptation (**Article 1**) ; une quantité de papiers impressionnante porte sur des questions linguistiques et sémantiques, et sur le fait qu'il faudrait utiliser tel ou tel mot pour définir tel concept, ou privilégier tel ou tel modèle plutôt qu'un autre. Bien souvent les disciplines s'opposent avec des critères aux noms différents, mais qui portent les mêmes définitions ou englobent les mêmes phénomènes. Plutôt que de débattre sur la sémantique du vocabulaire utilisé, il est nécessaire pour la communauté scientifique de se focaliser sur des critères bien spécifiques, et de consolider les nombreuses fragilités méthodologiques présentes au niveau expérimental. Bien souvent n'est considérée que l'acceptabilité, puisqu'en général les études expérimentales se basent seulement sur des questionnaires et non sur de l'utilisation réelle d'outil. Les auteurs souvent se justifient en disant que les mêmes mécanismes sous-tendent l'acceptation et l'acceptabilité, et qu'en étudiant l'acceptabilité on aura tout dit sur la question de l'acceptation, ce qui semble être une grave erreur. Lorsqu'il y a utilisation réelle d'outil dans les expériences, d'autres faiblesses se présentent : les outils ne sont pas assez utilisés (peu de

prise en compte du phénomène de temporalité), et surtout les résultats expérimentaux sont sujets à des contradictions majeures, des grandes variations statistiques et d'importantes différences dans les résultats. Il devra être important dans le futur de travailler à la multiplication et à la réplication d'études.

8-3 Quels outils utiliser et dans quel environnement ?

Parallèlement à la question du manque de données expérimentales, il faudra également veiller à obtenir une plus grande variété d'outils utilisés, afin d'englober le phénomène de l'utilisation d'outil dans son ensemble. Les études expérimentales dans la littérature utilisent principalement des outils de type ordinateur, applications ou site web, faisant l'impasse sur des outils plus classiques et autres que les nouvelles technologies. Cet élément pose également la question de la classification des outils : est-ce qu'on doit considérer l'ensemble des outils comme un tout, ou doit-on différencier les technologies ? Les utilisateurs agissent-ils différemment et utilisent-ils des stratégies cognitives différentes en utilisant un outil physique comme un marteau et un outil virtuel comme un site web ? Derrière ces questions se pose évidemment le problème de la généralisation des résultats à l'ensemble des outils utilisés par le genre humain. Enfin, la question du mode d'utilisation de l'outil se pose. En effet, la plupart des études expérimentales imposent l'utilisation d'outils aux participants. C'est un réel problème, puisque l'utilisation d'outil n'est pas réalisée dans des conditions écologiquement valables : dans la vie de tous les jours, nous avons le choix d'utiliser un outil ou non ; le fait que les scientifiques imposent un outil aux participants pour étudier l'interaction implique déjà qu'on suppose que l'utilisation a forcément lieu, ce qui n'est pas le cas en conditions réelles.

8-4 Pistes pour le futur

Pour résumer, cette thèse nous permet d'établir les perspectives suivantes : D'abord, on retient que les futures méthodes ergonomiques créées pour évaluer ou prédire le comportement des utilisateurs face aux technologies devront prendre en compte les différences entre acceptabilité et acceptation, et s'intéresser à la dimension cognitive de l'utilisation d'outil. Pour poursuivre sur la lancée de nos travaux, de futures expériences devront explorer le lien entre les capacités cognitives, la méta-représentation de ces capacités et l'utilisation d'outil qui assistent les fonctions cognitives concernées. La question du choix de l'outil est fondamentale, dans nos expériences nous avons choisi de varier les types d'outils (physique et cognitif), mais

cette question devra être approfondie. Enfin, concernant les travaux théoriques, il semble important de revenir aux fondamentaux, et de se concentrer sur les comportements globaux des utilisateurs, en se focalisant sur quelques principaux critères afin de comprendre les grands mécanismes de l'utilisation d'outils. De manière plus générale, l'outil et l'action outillée doit être étudié comme un fait psycho-social, et doit être étudié « en lui-même, par rapport aux gens qui s'en servent, et par rapport à la totalité du système observé. » (Bert, 2009 ; Mauss, 1966) ; il est donc nécessaire de toujours envisager la question de l'outil sous de multiples angles. Notamment, c'est la question de l'environnement et du contexte qui semble souvent être oubliée. Nos résultats le confirment, et d'autres avant dans la littérature l'ont souligné, il n'y a pas une utilisation mais des utilisations. Un outil est forcément utilisé en contexte, avec des variables propres à son environnement et à son utilisateur. Ce sont ces questions qui, à l'avenir, devront être étudiées plus en détail.

9-Les rejets de l'outil et de la technique

9-1 Les situations de non-usage

Au cours de cette thèse en travaillant sur l'acceptation de l'outil, j'ai souvent pu remarquer que l'adoption des outils est principalement envisagée sous la question de l'adoption plutôt que sur la question du rejet de l'outil. Au cours de mes lectures, je me suis parfois perdu à lire des ouvrages un peu plus généraux sur la question de la technique, qui m'ont poussé à me rendre compte qu'un grand nombre d'auteurs se sont interrogés sur les critères de rejet de l'outil plutôt que sur les critères de l'acceptation, et il me semblait nécessaire d'en dire un mot dans ce manuscrit. A priori, le rejet des outils peut sembler anecdotique et rare, il a pourtant constitué et constitue encore une question importante. Jauréguiberry (2012) explique qu'il existe une pluralité des situations de non-usages, et si avant le non-usage était essentiellement dû à une déficience, à un manque ou un retard, il existe aujourd'hui une grande variété de non-usage, dont le non-usage volontaire. Dans un premier temps, on peut constater que le refus d'accepter une technologie est avant tout une question sociologique ; de nombreuses études sur la fracture numérique par exemple ont montré que les individus qui refusent d'utiliser des technologies sont en moyenne plus pauvre, vieux, isolés, moins éduqués ou moins compétents techniquement (Jauréguiberry, 2012). Selwyn (2003) évoque d'autres catégories d'utilisateurs refusant une technologie, notamment les technophobes et ceux qui refusent par idéologie. Wyatt, Thomas & Terranova vont plus loin en catégorisant les non-usagers en quatre groupe : les *rejecters* (qui

refusent l'outil après une mauvaise expérience), les *expelled* (dont le refus est involontaire), les *excluded* (qui n'ont pas accès à l'outil par une carence de moyens), et enfin les *resisters* (qui refusent d'utiliser volontairement).

9-2 Les critères de rejet de l'outil

De manière plus générale, un grand nombre d'auteurs ont proposé des critères de non-acceptation (i.e. de rejet) de l'outil. Premièrement, le phénomène technique (défini comme « l'ensemble des moyens absolument les plus efficaces à un moment donné » ; Ellul, 2008) se caractérise par son imprévisibilité, c'est-à-dire que le progrès technique a une croissance causale et non finaliste (i.e. il ne sait pas où il va), et c'est pourquoi il est imprévisible (Ellul, 2012). C'est justement cette imprévisibilité qui fait qu'un utilisateur ne pourra pas forcément mesurer les bénéfices et les coûts d'un outil, et pourra le rejeter pour cette raison. Notamment, ce sont les effets de l'outil qu'on ne pourra pas forcément mesurer. Ellul (2012) remarque que tout progrès technique peut comporter trois sortes d'effets : les effets voulus, les effets prévisibles et les effets imprévisibles. Un second critère lié à l'imprévisibilité est souvent évoqué, c'est le critère du risque. Lagadec (1981) souligne que la question du risque s'est imposée au fur et à mesure que les techniques ont progressé. Au vu des types d'outils que nous utilisons (nouvelles technologies, créatrices d'inconvénients et de dangers potentiels), la technique entraîne de plus en plus de coûts complexes et d'externalités (Ellul, 2012) que l'utilisateur doit prendre en compte dans son désir ou non d'accepter l'outil.

Un autre critère de rejet sont les contradictions internes liés à l'outil, des notions principalement exposé dans les œuvres de Ivan Illich (Illich, 1973). Selon Illich, un outil sur-efficace peut induire une situation de monopole radicale, et parallèlement chaque outil possède un seuil de contre-productivité (ou dés-utilité), à partir duquel il passe en situation de monopole radicale, pouvant amener à un rejet de l'outil. Plus clairement, en se basant sur le principe que l'utilisateur va privilégier l'outil le plus efficace, il montre qu'un outil devient contre-productif quand son coût invisible (extrinsèque, social ou psychologique) dépasse le gain. Un outil qui a la base peut être le plus utile et le plus efficace peut ainsi donner jour à des situations de monopole radicale : par exemple, à la sortie du métro, lorsque tout le monde se dirige vers les escalators (outil a priori le plus utile) pour les utiliser, il est en situation de monopole radicale, et devient contre-productif s'il est plus rapide de prendre les marches à côté qui sont vides. Illich (1973) donne d'autres exemples : La communication (les moyens de communications n'ont jamais été autant nombreux, ces types d'outils sont donc en situation de monopoles

radicales, pour autant il a dépassé un seuil de contre-productivité puisque la solitude n'a jamais autant été évoqué comme un problème sociétal), le domaine militaire (l'arme nucléaire, qui est l'outil le plus efficace pour nous protéger, est devenu contre-productif puisque la possibilité de destruction de masse n'a jamais été aussi grande) ou encore les transports (l'ensemble de la société consacre de plus en plus de temps à voyager, notamment en utilisant les outils les plus efficaces (voiture et avions) ; paradoxalement le développement des moyens de transports accroît le temps passé à voyager alors qu'il était supposé lui en faire gagner). Ainsi, Illich (1973) montre qu'une raison de rejeter un outil peut être son hypertrophie, lorsque son utilisation est tellement dominante qu'elle devient contre-productive.

Il est également important de souligner qu'en général, lorsqu'il y a refus d'utiliser un outil, c'est souvent pour se prononcer en faveur d'options alternatives plutôt que contre l'outil en lui-même (Jarrige, 2014) ; par exemple, refuser d'utiliser un outil pour favoriser la préservation de son travail ou de son mode de vie, le premier exemple célèbre étant le mouvement du luddisme, où des ouvriers se rebellèrent contre des machines qui les remplaçaient en faisant leur travail à leur place. Pour plus d'informations, Jarrige (2014) présente une revue historique exhaustive très intéressante des différents mouvements technocritiques. Il montre notamment qu'il existe principalement trois arguments pour contester la technique : La critique morale (on rejette l'outil par quête d'autonomie, en pensant qu'on est plus libre sans l'outil, ou avec un outil plus ancien), la critique sociale (on rejette l'outil parce qu'il est facteur d'inégalité entre les hommes, parce qu'il va remettre en cause l'ordre sociale), et la critique environnementale (on refuse d'utiliser l'outil par crainte des risques, notamment parce qu'il amènera une dégradation des équilibres écologiques).

9-3 Rejet et acceptation. Que peut-on en tirer ?

Essayons de lier les apports théoriques sur le non-usage, exposés ci-dessus, et la problématique étudiée dans ce manuscrit. Tout d'abord, on peut légitimement se demander si la question de l'acceptation de l'outil va devenir de plus en plus fondamentale, notamment à l'époque moderne, où on peine à maîtriser le rythme des évolutions des outils, qui sont sujets à des débats sociétaux. L'acceptation des outils a-t-elle toujours été une préoccupation humaine, ou bien est-ce par effet de perspective historique que nous avons l'impression qu'aujourd'hui elle est plus urgente et plus manifeste qu'auparavant ? Ellul (2008) émet l'hypothèse que malgré le fait que l'humain soit technicien dès les origines, il existe une différence fondamentale avec les sociétés antérieures (i.e. avant les révolutions industrielles) dans nos rapports avec l'outil ;

notamment parce qu'autrefois, les Hommes étaient dans des rapport de proximité et de lenteur avec leurs techniques, leur permettant d'en maîtriser les évolutions, le temps entre deux changements d'innovations permettant que les outils soient bien adaptés. Gras (2010) a également émis l'idée qu'il existait des ruptures et des discontinuités dans l'évolution des outils. Jarrige (2014) parle lui d'un « rapport inédit aux artefacts techniques » à partir de l'âge industriel. Notre époque pourrait bien être particulière concernant la question de l'acceptation des technologies, notamment parce que le progrès technique est un dogme non questionnable dans nos sociétés, qui se sont construites sur le postulat que les techniques sont neutres (Jarrige, 2014). C'est initialement Ellul (2012) qui s'insurge contre l'idée répandue que la technique est neutre, idée selon laquelle c'est l'usage qui la fait devenir positive ou négative. Pour Ellul, c'est l'inverse, un outil porte en son sein toutes les conséquences (positives et négatives) qui s'imposeront par la suite, toutes les possibilités techniques qui seront inévitablement exploité. Il reprend l'exemple bien connu de la poudre à canon, utilisée par les chinois pour faire des fusées d'artifices, mais qui contenait déjà toutes les potentialités techniques qui allaient être exploités par les occidentaux par la suite (i.e. les armes). "L'Homme fait ce que la technique lui permet de faire", résume Ellul (2012). En fait, une innovation, une nouvelle technique ou un nouvel usage, c'est donc une nouvelle trajectoire, une rupture ; et chaque innovation majeure est une nouvelle intrusion dans les rapports sociaux humains, une destruction de l'identité de l'usage précédent, et peut remettre en cause l'identité de l'utilisateur, en lui faisant prendre une trajectoire donnée. Pour conclure, il est clair que la question du rejet de l'outil est une question fondamentale à se poser lorsqu'on s'interroge sur l'acceptation de l'outil ; notamment parce que le rejet de l'outil n'est pas anecdotique, mais un phénomène historique, présent à toutes époques, qui concernent toutes les strates sociales, milieux aisés et intellectuels comme milieux populaires et ouvriers (Jarrige, 2014). Il n'est pas forcément représentatif d'un passéisme, d'un archaïsme ou d'un obscurantisme technocritique, mais parfois issu d'un calcul rationnel de l'individu, et révélateur de la complexité de l'interaction qu'entretiennent utilisateur et l'outil. Pour revenir à des questions plus pragmatiques, il est clair que les résultats issus de ma thèse poussent à se poser des questions plus générales, sur l'acceptation de l'outil en tant que telles, et sur les rapports que nous entretenons avec les outils qui nous entourent. Qu'il accepte ou rejette un outil dans un contexte donné, un utilisateur a formé une interaction avec son outil, orienté cette relation dans un sens ou dans un autre. Il est clair que si les relations positives (les acceptations) doivent être étudiées, les relations négatives (les rejets) ne doivent pas être mises de côté, et doivent être expérimentalement évaluées, au même titre que les autres.

10-Conclusion générale sur l'utilisation d'outil

10-1 Que retenir ?

En prenant un peu de recul sur l'ensemble des travaux proposés dans cette thèse, nous pouvons établir des remarques générales sur l'utilisation d'outil. Dans un premier temps, nous pouvons constater que l'acceptation et l'acceptabilité sont deux phénomènes bien distincts, régis par des mécanismes différents. La **Figure 12** résume de manière très simplifiée l'apport de nos travaux sur la question de l'acceptation de l'outil, avec les principaux critères d'influence. La Facilité est le critère le plus influent dans la phase d'acceptabilité, lorsqu'on observe quelqu'un utiliser un outil physique. L'Utilité est le critère le plus influent dans la phase d'acceptation quand on utilise un outil. Enfin, la méta-représentation et l'efficacité de l'outil seraient les principales influences lors de la sélection d'un outil cognitif.

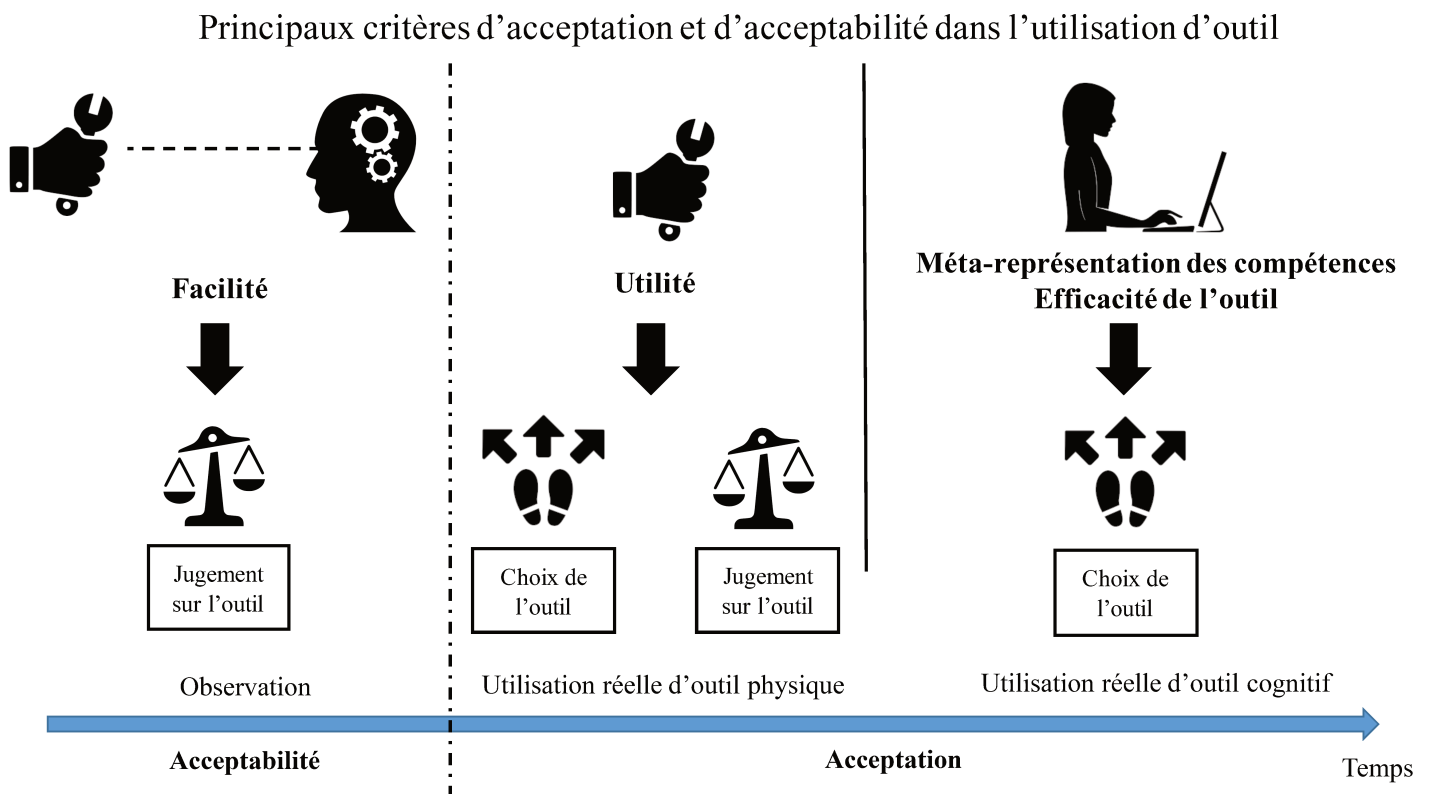


Figure 12 : Résumé des influences principales dans l'acceptation et l'acceptabilité, dans l'utilisation ou l'observation d'outils cognitifs ou physiques.

10-2 L'impossibilité d'un modèle universel pour une cognition située

Évidemment, chaque facteur ou critère peut avoir un poids différent selon l'individu, puisque l'utilisateur est un sujet situé psychologiquement et socialement, qui utilise l'outil dans un contexte donné avec une tâche spécifique. C'est pourquoi il paraît difficile de proposer un modèle universel de l'acceptation, tant les conditions environnementales et individuelles varient ; nous avons également mis à jour l'existence de profils d'utilisateurs. Mais des mécanismes généraux semblent malgré tout apparaître : Tout d'abord, le type d'exposition à l'outil et la durée d'exposition semblent être des facteurs importants dans l'acceptation de l'outil, impliquant le fait que l'utilisation d'outil est toujours un phénomène dynamique et temporel. Ces faits nous rappellent qu'il est important, pour comprendre les mécanismes de l'utilisation de l'outil, d'étudier le sujet et la cognition in situ, avec une utilisation réelle d'outil. La cognition, et donc l'utilisation d'outils, sont des phénomènes situés, c'est-à-dire liés à des contextes. Ces contextes peuvent être individuels, sociaux, physiques, culturels, liés à l'outil, à l'utilisateur ou à l'environnement. Chaque utilisation d'outil va être une relation différente, une symbiose différente pour son utilisateur, faisant rentrer une quantité de variables en jeu. On peut en conclure qu'il est important d'étudier les mécanismes de bases de l'acceptation de l'outil, mais qu'ils sont indissociables de certains phénomènes contextuels, qui sont par définition assez dur à généraliser.

10-3 Les critères de l'acceptation : de multiples niveaux

Dans un second temps, nous avons pu montrer que l'outil en lui-même peut expliquer son acceptation ; des facteurs et des critères qui lui sont propres viennent influencer l'utilisateur dans sa décision d'utiliser ou non l'outil. En prenant un peu de recul, on se rend compte que ces critères peuvent avoir une influence à de multiples niveaux. Ces critères peuvent apparaître sous une forme technologique et pratique (est-ce que l'outil que je vais utiliser est utile pour atteindre mon but ? Est-ce qu'il est facile à utiliser ou nécessite-t-il que je fournisse une grande quantité d'effort ? Est-ce qu'il correspond à mes attentes physiquement parlant ?). Ces critères influenceront le sujet à la fois sur ses préférences en terme d'outils et sur les représentations que l'utilisateur a de l'outil. Ces critères peuvent également apparaître sous une forme cognitive, c'est-à-dire que c'est cette fois le type d'assistance cognitive qui va influencer l'utilisateur dans ses choix (e.g. est-ce que l'outil m'aide à améliorer mes compétences en mémoire, en attention visuelle, ou en prise de décision). Enfin, on a pu constater que l'internalisation de l'expérience par l'utilisateur joue un rôle dans l'acceptation de l'outil. C'est

en effet la représentation et la perception qu'a le sujet des performances de l'outil (la représentation des attributs technologiques de l'outil) et de ses propres performances (la méta-représentation de ses compétences cognitives) qui va pousser un utilisateur à préférer un outil plutôt qu'un autre. Ce mécanisme caché, celui de la métacognition, semble être primordial pour de futures expériences, comme nous l'avons maintes fois souligné. Cela confirme qu'il sera nécessaire d'établir une collaboration entre chercheurs de différents domaines, afin d'aborder la question de l'utilisation de l'outil sous un angle pluridisciplinaire.

10-4 Un difficile équilibre entre monde extérieur et monde intérieur

En regardant en arrière, pendant trois années au fil de ce travail, en construisant mes expériences ou en rédigeant mon manuscrit, ma relation à la question de l'outil n'a cessé d'évoluer. Bien plus que de simples résultats scientifiques, bien plus que des progrès théoriques ou expérimentaux, j'ai eu l'impression d'avancer philosophiquement sur la question de l'outil, derrière laquelle se cache la question de l'histoire de l'humanité, et du chemin que prendra son futur. Notre relation à l'outil dans notre vie quotidienne est tellement intime, tellement omniprésente qu'on en vient à l'oublier, ou à croire qu'elle est régie par des mécanismes simples et évidents. L'outil est un lien entre le monde et l'individu ; une médiation, un pont entre le monde intérieur, la cognition et le corps, et le monde extérieur, l'environnement. Ces allers-retours entre le monde, l'environnement et notre cognition sont tellement fréquents, tellement naturels qu'on ne prend pas la peine de s'interroger dessus, alors que c'est une question complexe et vaste. L'utilisation d'outil et l'évolution des technologies dans l'histoire humaine sont soumises à une double représentation. D'une part, la représentation du milieu environnemental et de ses contraintes, du contexte donc. D'autre part à la représentation du milieu interne, i.e de la conscience de soi, et de ce que l'on sait sur l'outil et sur notre propre condition. L'utilisation d'outil est donc la recherche d'un équilibre, un équilibre à partager entre le monde extérieur, et notre monde intérieur, notre corps et notre cognition. Si nous utilisons les outils que nous utilisons, c'est d'une part pour correspondre aux contraintes du monde extérieur, en s'interrogeant sur le lien outil-monde, et d'autre part pour être en adéquation avec soi-même, en s'interrogeant sur le lien outil-utilisateur et sur nous-mêmes, sur nos propres limites. Arrivé en fin de thèse, on devrait pouvoir se dire qu'il est temps de tourner la page, et qu'on a largement eu le temps de faire le tour d'un sujet. Pourtant, j'ai la certitude que ma réflexion sur l'outil ne fait que commencer, et qu'elle appelle à d'autres travaux sur les

technologies qui nous entourent et sur les implications de l'outil sur nos vies et nos choix. L'outil représente un lien, une interaction, une relation, une symbiose qui cache encore bien des secrets. En somme, en étudiant l'outil, c'est à la fois le monde et soi-même que l'on étudie.

Références

- Agarwal, R. & Prasad, J. (1999) Are individual differences germane to the acceptance of new information technologies? *Decision Science*, 30, 361–391
- Ajzen, I. (1991) The theory of planned behaviour. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1973) Attitudinal and normative variables as predictors of specific behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 27, 41–57
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980) Understanding attitudes and predicting social behaviour. Englewood Cliffs, Prentice-Hall
- Alexandre, B., Navarro, J., Reynaud, E. & Osiurak, F. (2018) Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work*, 20, 165–177
- Al-Gahtani, S.S. & King, M. (1999) Attitudes, satisfaction and usage: Factors contributing to each in the acceptance of information technology. *Behaviour & Information Technology* 18, 277–297
- Amoako-Gyampah, K. & Salam, A.F. (2004) An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 41, 731–745
- Barcenilla J. & Bastien J.M.C. (2009) L’acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l’ergonomie, l’utilisabilité et l’expérience utilisateur? *Le Travail Humain*, 72, 311–331
- Bacon, E. & Izaute, M. (2009) Metacognition in schizophrenia: processes underlying patients’ reflections on their own episodic memory. *Biological Psychiatry*, 66, 1031–1037
- Bailey, E. & Pearson, S.W. (1983) Development of a tool for measuring and analyzing computer user satisfaction. *Management Science*, 29, 530–545

- Baker, R.J., Laury, S.K. & Williams, A.W. (2008) Comparing group and individual behavior in lottery-choice experiments. *Southern Economic Journal* 75, 367–382
- Ballard, D.H., Hayhoe, M.M. & Pelz, J.B. (1995) Memory representations in natural tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 66–80
- Bandura, A. (1977) Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review*, 84, 191–215
- Bandura, A. (1982) Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37, 122–147
- Bandura, A. (1997) Auto-efficacité, le sentiment d'efficacité personnelle. De Boeck Université, Bruxelles
- Baratgin, J. (2002) Le jugement probabiliste. In: Politzer G (ed) *Le raisonnement humain*, pp 241–270
- Barcenilla, J. & Bastien, J.M.C. (2009) L'acceptabilité des nouvelles technologies: Quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur? *Le Travail Humain*, 72, 311–331
- Bastien, J.M.C., Scapin, D.L. & Leulier, C. (1998) Une comparaison des critères ergonomiques et des principes de dialogue ISO 9241-10 dans une tâche d'évaluation d'interface. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1, 33–63
- Bastien, J.M.C. & Scapin, D.L. (1992) A validation of ergonomic criteria for the evaluation of human–computer interfaces. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 4, 183–196
- Beach, L.R. & Mitchell, T.R. (1978) A contingency model for the selection of decision of strategies review. *Academy of Management Review*, 3, 439–449

- Bechara, A., Damasio, A.R., Damasio, H. & Anderson, S.W. (1994) Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7–15
- Beier, M.E. & Ackerman, P.L. (2005) Age, ability, and the role of knowledge on the acquisition of new domain knowledge: Promising results in a real-world learning environment. *Psychology and Aging*, 20, 341–355
- Beillerot, J. (2004) De l'apprentissage social au sentiment d'efficacité personnel. Autour de l'œuvre d'Albert Bandura. L'Harmattan, Paris
- Bera, S. & Liu, M. (2006) Cognitive tools, individual differences, and group processing as mediating factors in a hypermedia environment. *Computers in Human Behavior*, 22, 295–319
- Bert, J.F. (2009) De Marcel Mauss à A.G. Haudricourt. Retour sur la « technologie ». *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, 20, 163–181
- Bevan, N. (2001) International standards for HCI and usability. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 532–552
- Bhattacharjee, A. (2001) Understanding information systems continuance: An expectation–confirmation model. *MIS Quarterly*, 25, 351–370
- Bhattacharjee, A. & Premkumar, G. (2004) Understanding changes in belief and attitude toward information technology usage: A theoretical model and longitudinal test. *MIS Quarterly*, 28, 351–370
- Biassoni F., Ruscio, D. & Ciceri, R. (2016) Limitations and automation. The role of information about device-specific features in ADAS acceptability. *Safety Science*, 85, 179–186
- Blackwell, C.K., Lauricella, A.R. & Wartella, E. (2014) Factors influencing digital technology use in early childhood education. *Computers & Education*, 77, 82–90

- Bobillier-Chaumon, M.É. & Dubois, M. (2009) L'adoption des technologies en situation professionnelle: Quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation? *Le Travail Humain*, 72, 355–382
- Bonnardel, N., Piolat, A. & Le Bigot, L. (2011) The impact of colour on website appeal and users' cognitive processes. *Displays*, 32, 69–80
- Bourdin, J.M. (2016) La rivalité des égaux – 2016. Dissertation, Université Paris 8 Vincennes
- Bouten, M.P.L.M. (2008) Compatibility and Technology Acceptance: Consolidating, Validating and Extending Concept, in Faculty of Economics and Business Administration. 2008, Maastricht University: Maastricht
- Brand, M., Greco, R., Schuster, A., Kalbe, E., Fujiwara, E., Markowitsch, H.J., & Kessler, J. (2002) The game of dice—a new test for the assessment of risktaking behavior. *Neurorehabilitation & Neural Repair*, 16, 142–143
- Brangier, E., Dufresne, A. & Hammes-Adelé, S. (2009) Approche symbiotique de la relation humain-technologie: perspectives pour l'ergonomie informatique. *Le Travail Humain*, 72, 333–353
- Brangier, E., & Christian Bastien, J.M. (2010) L'évolution de l'ergonomie des produits informatiques: accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et influençabilité. Ergonomie, conception de produits et services médiatisés. In: PUF (ed) *Le Travail Humain*, pp 307–328
- Brangier, E., Hammes-Adelé, S. & Bastien, J.M.C. (2010) Analyse critique des approches de l'acceptation des technologies: De l'utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation. *European Review Of Applied Psychology*, 60, 129–146

- Brangier, E. & Hammes-Adelé, S. (2011) Beyond the technology acceptance model: Elements to validate the human-technology symbiosis model. In: Robertson MM (ed) *Ergonomics And Health Aspects*, pp 13–21
- Brevers, D., Cleeremans, A., Goudriaan, A.E., Bechara, A., Kornreich, C., Verbanck, P. & Noël, X. (2012) Decision making under ambiguity but not under risk is related to problem gambling severity. *Psychiatry Research*, 200, 568–74
- Brosnan, M.J. (1999) Modeling technophobia: A case for word processing. *Computers in Human Behavior*, 15, 105–121
- Buxbaum, L. J., Schwartz, M. F. & Carew, T. G. (1997) The role of semantic memory in object use. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 219–254
- Chateau, B. (2015) Déterminants cognitifs de l'évaluation ergonomique des objets de la vie quotidienne. Dissertation, Université de Poitiers
- Chau, P.Y.K. (1996) An empirical investigation on factors affecting the acceptance of CASE by systems developers. *Information and Management* 30, 269–280
- Chau, P.Y.K. & Hu P.J. (2002) Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: An empirical test of competing theories. *Information and Management*, 39, 297–311
- Cisek, P. (2007) Cortical mechanisms of action selection: The affordance competition hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 362, 1585–1599
- Compeau, D.R. & Higgins, C.A. (1995) Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 19, 189–211

- Compeau, D.R., Higgins, C.A. & Huff, S. (1999) Social cognitive theory and individual reactions to computing technology: A longitudinal study. *MIS Quarterly*, 23, 145–158
- Cozic, M. (2005) Fondements cognitifs du choix en rationalité limitée. Dissertation, Université Paris 4
- Csikszentmihalyi, M. (1990) Flow: The psychology of optimal experience. Harper and Row, New York
- Cyert, R. & March, J.A. (1963) A behavioural theory of the firm. Englewood Cliffs, Prentice-Hall
- Czaja, S.J., Charness, N., Fisk, A.D., Hertzog, C., Nair, S.N., Rogers, W.A. & Sharit, J. (2006) Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and Aging*, 21, 333–352
- Dahab, D. (2001) Les déterminants de l'acceptation des technologies de l'information et de la communication par les utilisateurs finaux: application à la messagerie électronique dans une organisation industrielle. Dissertation, Université de Toulouse
- Davis, F.D. (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13, 319–340
- Davis, F.D., Bagozzi, R. & P. Warshaw (1989) User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35, 982–1003
- Davis, F.D., Bagozzi, R.P. & Warshaw, P.R. (1992) Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *Journal of Applied Social Psychology*, 22, 1111–1132

- Debue, N., Hellemans, C. & Van De Leemput, C. (2013) Acceptabilité des sites web et ergonomie de l'interface: Etude de l'influence de l'utilisabilité objective et de la charge cognitive. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 14, 1–24
- DeLone, W.H. & McLean, E.R. (1992) Information systems success: The quest for the dependant variable. *Information Systems Research*, 3, 60–95
- DeLone, W.H. & McLean, E.R. (2003) The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19, 9–30
- Dhar, R. (1997) Consumer preference for a no-choice option. *Journal Of Consumer Research*, 24, 215–231
- Dillon, A. & Morris, M.G. (1996) User acceptance of information technology: Theories and models. *Annual Review of Information Science and Technology*, 31, 3–32
- Dillon, A., & Morris, M. (1999) Power, perception and performance: from usability engineering to technology acceptance with the P3 model of user response. *43rd Annual Conference of the Human Factors and Ergonomics Society*, Houston, TX.
- Dillon, A. & Song, M. (1990) An empirical comparison of the usability for novice and expert searchers of a textual and a graphic interface to an art-resource database. *Journal of Digital Information*, 1, 9–26
- Docq, F. & Daele, A. (2001) Uses of ICT tools for CSCL: How do students make as their's own the designed? In: Dillenbourg, Eurelings and Hakkarainen (ed) *European perspectives on computer-supported collaborative learning*, Maastricht, pp 197–204
- Doll, W.J. & Torkzadeh, G. (1988) The measurement of end-user computing satisfaction. *MIS Quarterly*, 12, 259–274

- Dubois, M. & Bobillier-Chaumon, M.E. (2009) L'acceptabilité des technologies: bilans et nouvelles perspectives. *Le Travail Humain*, 72, 305–310
- Dumouchel P. & Dupuy J.-P. (1979) L'enfer des choses, René Girard et la logique de l'économie, Editions du Seuil, Paris
- Dunn, T. L. & Risko, E. F. (2016) Toward a metacognitive account of cognitive offloading. *Cognitive Science*, 40, 1080–1127
- Ellul, J. (2008) La Technique ou l'Enjeu du siècle, Paris, Economica, 3e éd.
- Ellul, J. (2012) Le bluff technologique, Paris, Hachette, 2012, 3e éd.
- Emery, F. (1959) Some characteristics of socio-technical systems. Tavistock Institute, London
- Erasmus, E., Rothmann, S. & Van Eeden, C. (2015) A structural model of technology acceptance. *SA Journal of Industrial Psychology*, 41, 1222
- Espinasse, B. (2009) Analyse de la décision dans le risque. Lsis, Accessed March 2007. <http://www.lsis.org/espinasseb/Supports/MOAD-2009/3-AnalyseDecisionRisques-2009-4P.pdf>
- Eyraud, R. (2016) Allocation de l'attention visuelle en conduite automobile : l'impact de la réalité augmentée. Dissertation, Université Paris 8
- Février, F. (2011) Vers un modèle intégrateur “expérience-acceptation”: rôle des affects et de caractéristiques personnelles et contextuelles dans la détermination des intentions d’usage d’un environnement numérique de travail. Dissertation, Université Rennes 2
- Février, F., Jamet, E. & Rouxel, G. (2008) Quel outil d'évaluation de l'acceptabilité des nouvelles technologies pour les études francophones? In: ACM Press (ed) Proceedings of IHM, New York, pp 199–204

- Finneran, C. & Zhang, P. (2003) A Person-Artifact-Task (PAT) model of flow antecedents in computer-mediated environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59, 475–496
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975) Belief, attitude, intention, and behaviour: An introduction to theory and research. Addison-Wesley, Massachusetts
- Flavell, J.H. (1976) Metacognitive aspects of problem-solving. In L.B., Resnick (Ed.). The nature of intelligence. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates
- Flavell, J.H. (1979) Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental enquiry. *American Psychologist*, 34, 906–911
- Forlizzi, J. & Battarbee, K. (2004) Understanding experience in interactive systems. Proceedings of the 2004 conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, p. 261–268
- Freudenthal, A. & Mook, H.J. (2003) The evaluation of an innovative intelligent thermostat interface: universal usability and age differences. *Cognition, Technology & Work*, 5, 55–66
- Frojkaer, E., Hertzum, M. & Hornbaek, K. (2000) Measuring usability: are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated? *CHI Letters*, 2, 345–352
- Gauthier, L., Dehaut, F. & Joanette, Y. (1989) The Bells Test: a quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11, 49–54
- Gefen, D. & Straub, D.W. (1997) Gender differences in the perceptions and use of e-mail: an extension to the technology acceptance model. *MIS Quarterly*, 21, 389–400

- Gefen, D. & Keil, M. (1998) The impact of developer responsiveness on perceptions of usefulness and ease of use: an extension of the technology of the technology acceptance model. *The Data Base for Advances in Information Systems*, 29, 35–49
- Ghani, J.A. (1991) Flow in human computer interactions: test of a model. In: Carey J (ed) *Human factors in information systems: emerging theoretical bases*, Ablex, Norwood, pp 291–311
- Ghani, J.A. & Deshpande, S.P. (1994) Task characteristics and the experience of optimal flow in human-computer interaction. *The Journal of Psychology Interdisciplinary and Applied*, 128, 381–391
- Ghazizadeh, M., Lee, J.D. & Boyle, L.N. (2012) Extending the Technology Acceptance Model to assess automation. *Cognition, Technology & Work*, 14, 39–49
- Gibson, J.J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin, Boston
- Gilbert, S.J. (2015) Strategic use of reminders: Influence of both domain-general and task-specific metacognitive confidence, independent of objective memory ability. *Consciousness and Cognition*, 33, 245–260
- Girard, R. (1961) *Mensonge romantique et vérité romanesque*, Hachette Littératures, Paris
- Girard, R. (1972) *La Violence et le sacré*, Hachette Pluriel, Paris
- Goldenberg, G. & Iriki, A. (2007) From sticks to coffee-maker: Mastery of tools and technology by human and non-human primates. *Cortex*, 43, 285–288
- Gras, A. (2010) L'évaluation du fait technique . L'évaluation du fait technique : Une métaphysique pour l'hypersauvage contemporain. *Cahiers Internationaux de Sociologie*, Presses Universitaires de France, 128, 285– 298

- Gray, W.D. & Fu, W.T. (2004) Soft constraints in interactive behavior: The case of ignoring perfect knowledge in-the-world for imperfect knowledge in-the-head. *Cognitive Science*, 28, 359–382
- Gray, W. D., Sims, C. R., Fu, W. -T. & Schoelles, M. J. (2006) The soft constraints hypothesis: A rational analysis approach to resource allocation for interactive behavior. *Psychological Review*, 113, 461–482
- Hameed, M.A., Counsell, S. & Swift, S.A (2012) Conceptual model for the process of IT innovation adoption in organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29, 358–390
- Hammes-Adelé, S. (2011) Traduction temporelle de la relation humain-technologie-organisation: validation et perspectives autour de la symbiose. Dissertation, Université de Lorraine
- Hancock, P.A., Billings, D.R., Schaefer, K.E., Chen J.Y.C., Visser, E.J., Parasuraman, R. & Mason, G. (2011) A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human Factors*, 53, 517–527
- Harvey, C. (2011) Modelling and evaluating drivers' interactions with in-vehicle information systems (IVIS). Dissertation, University of Southampton
- Harvey, C., Neville, A., Stanton C., McDonald, M. & Zheng P. (2011) A usability evaluation toolkit for In-Vehicle Information Systems (IVIS). *Applied Ergonomics*, 42, 563–574
- Hassenzahl, M., Platz, A., Burmester, M., Lehner, K. (2000) Hedonic and ergonomic quality aspects determine a software's appeal. In: ACM Press (ed), Proceedings of ACM conference on human factors in computing systems, New York, pp 201–208

- Hassenzahl, M. (2003) The thing and I: Understanding the relationship between user and product. In M. Blythe, C. Overbeeke, A. F. Monk & P. C. Wright (Eds.), *Funology: From usability to enjoyment*, pp 31–42
- Hassenzahl, M. (2004) The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products. *Human-Computer Interaction, 19*, 319–349
- Hassenzahl, M. & Tractinsky, N. (2006) User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology, 25*, 91–97
- Hayhoe, M. (2000) Vision using routines: A functional account of vision. *Visual Cognition, 7*, 43–64
- Henkel, L. (2014) Point-and-shoot memories, the influence of taking photos on memory for a museum tour. *Psychological Science, 25*, 396–402
- Heutte, J. & Fenouillet, F. (2010) Propositions pour une mesure de l'expérience optimale (état de Flow) en contexte éducatif. In: Actes du 26e congrès international d'actualité de la recherche en éducation et en formation, Genève, Suisse
- Hornbæk, K. (2006) Current practice in measuring usability: challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies, 64*, 79–102
- Hsu, C. & Lin, J. (2008) Acceptance of blog usage: The roles of technology acceptance, social influence and knowledge sharing motivation. *Information and Management, 45*, 65–74
- Igbaria, M., Schiffman, S.J. & Wieckowski, T.J. (1994) The respective roles of perceived usefulness and perceived fun in the acceptance of microcomputer technology. *Behaviour and Information Technology, 13*, 349–361
- Igbaria, M., Zinatelli, N., Cragg, P., & Cavaye, A. (1997) Personal computing acceptance factors in small firms: a structural equation model. *MIS Quarterly 21*, 279–302

- Illich, I. (1973) *Tools for Conviviality*. New York: Harper & Row
- ISO/IEC (1998) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT),
Guidance on Usability <https://www.iso.org/fr/standard/16883.html>
- Iyengar, S.S. & Lepper, M.R. (1999) Rethinking the role of choice: a cultural perspective on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76, 349–366
- Iyengar, S.S. & Lepper, M.R. (2000) When choice is demotivating: can one desire too much of a good thing? *Journal of Personality and Social Psychology*, 79, 349–366
- Jackson, C.M., Chow, S. & Leitch, R.A. (1997) Toward an understanding of the behavioural intention to use an information system. *Decision Sciences*, 28, 357–389
- Jarrige, F. (2014) *Techno-critiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences*, La Découverte
- Jauréguiberry, F. (2012) Retour sur les théories du non-usage des technologies de communication. Serge Proulx et Annabelle Klein. *Connexions : communication numérique et lien social*, Presses universitaires de Namur, pp 335–350
- Jauvion, A. (1998) Mimesis et violence chez René Girard. *Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative*, CNRS - Paris X . HERMÈS 22, pp 47–52
- Johnson, E.J., Payne, J.W. (1985) Effort and Accuracy in Choice. *Management Science*, 31, 395–414
- Johnson, R. & Kent, S. (2007) Designing universal access: web-applications for the elderly and disabled. *Cognition, Technology & Work*, 9, 209–218
- Johnson-Frey, S.H. (2004) The neural bases of complex tool use in humans. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 71–78

- Jonassen, D.H. (1996) *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Karahanna, E., Agarwal, R. & Angst, C.M. (2006) Reconceptualizing compatibility beliefs in technology acceptance research. *MIS Quarterly*, 30, 781–804
- Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J. & Martens, J-B. (2009) User experience over time: an initial framework. In: CHI '09 Proceedings, ACM, pp 729–738
- Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J. & Martens, J-B. (2010) Measuring the dynamics of remembered experience over time. *Interacting with Computers*, 22, 328–335
- Kazi, T.A., Stanton, N.A., Walker, G.H. & Young, M.S. (2007) Designer driving: drivers' conceptual models and level of trust in adaptive cruise control. *International Journal of Vehicle Design*, 45, 339–360
- Keil, M., Beranek, P.M. & Konsynski, B.R. (1995) Usefulness and ease of use: field study evidence regarding task considerations. *Decision Support Systems*, 13, 75–91
- Keehner, M., Hegarty, M., Cohen, C.A., Khooshabeh, P. & Montello, D. R. (2008) Spatial reasoning with external visualizations: What matters is what you see, not whether you interact. *Cognitive Science*, 32, 1099–1132
- King, W.R. & He, R. (2006) A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information and Management*, 43, 740–755
- Kirsh, D. & Maglio, P. (1994) On distinguishing epistemic from pragmatic actions. *Cognitive Science*, 18, 513–549
- Koh, C.E., Prybutok, V.R., Ryan, S.D. & Wu, Y. (2010) A model for mandatory use of software technologies: An integrative approach by applying multiple levels of abstraction of informing science. *Informing Science*, 13, 177–203

- Kool, W., McGuire, J.T., Rosen, Z.B. & Botvinick, M.M. (2010) Decision making and the avoidance of cognitive demand. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139, 665–682
- Kurosu, M. & Kashimura, K. (1995) Apparent usability vs. inherent usability: experimental analysis on the determinants of the apparent usability, in: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Denver, May 07–11, 1995, pp 292–293
- Ladwein, R. (2015) René Girard et la triangulation du désir mimétique, in Regards croisés sur la consommation: Tome 2, Des structures au retour de l'acteur, Coord. E. Rémy et P. Robert-Demontrond, EMS, Cormettes-le-Royal, pp 71–77
- Lagadec, P. (1981) La Civilisation du risque. Catastrophes technologiques et responsabilité sociale, Le Seuil, collection science ouverte, Paris
- Lajoie, S. P. (1993) Computer environments as cognitive tools for enhancing learning. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds.), Computers as cognitive tools. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Lamotte, M. (2016) Conscience du temps, sentiment de passage du temps : une approche métacognitive de la perception du temps. Dissertation, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II
- Lankton, N. & Harrison McKnight, D. (2014) Using expectation disconfirmation theory to predict technology trust and usage continuance intentions. *The Journal of Strategic Information Systems*, 2, 128–145
- Leclercq, D. (2004) Méthodes de Formation et Théories de l'Apprentissage – Evénements d'Apprentissage : La métacognition. Ed. de l'Université de Liège

- Lee, J.D. & Moray, N. (1994) Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation. *International Journal of Human Computer Studies*, 40, 153–184
- Lee, J.D. & Moray, N. (1992) Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems. *Ergonomics*, 35, 1243–1270
- Lee, Y.K., Kenneth, A. & Larsen, K.R.T. (2003) The technology acceptance model: past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems* 12, 752–780
- Lee, M.K.O., Cheung, C.M.K. & Chen, Z. (2005) Acceptance of internet-based learning medium: The role of extrinsic and intrinsic motivation. *Information and Management*, 42, 1095–1104
- Legris, P., Ingham J. & Colletette P. (2003) Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*, 40, 191–204
- Leotti, L.A., Iyengar, S.S. & Ochsner, K.N. (2010) Born to choose: the origins and value of the need for control. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 457–463
- Leroi-Gourhan, A. (1973) *Milieu et techniques*. Paris: Michel
- Lesourd, M., Baumard, J., Jarry, C., Le Gall, D. & Osiurak, F. (2017) A cognitive-based model of tool use in normal aging. *Neuropsychology and Cognition*, 24, 363–386
- Li, L. (2008) A critical review of technology acceptance literature, Grambling State university. Accessed from March 2017 http://www.swdsi.org/swdsi2010/sw2010_preceedings/papers/pa104.pdf
- Licklider, J.C.R. (1960) *Man-computer symbiosis*. Paul Mayer (ed) Computer Media and Communication, Oxford

- Lindgaard, G., Dudek, C. (2003) What is this evasive beast we call satisfaction? *Interacting with Computers, 15*, 429–452
- Liu, M., Bera, S., Corliss, S.B., Svinicki, M.D. & Beth, A.D. (2004) Understanding the connection between cognitive tool use and cognitive processes as used by sixth graders in a problem-based hypermedia learning environment. *Journal of Educational Computing Research, 31*, 309–334
- Liu, M. & Bera, S. (2005) An analysis of cognitive tool use patterns in a hypermedia learning environment. *Educational Technology Research and Development, 53*, 5–21
- Liu, M., Horton, L.R., Corliss, S.B., Svinicki, M.D., Bogard, T., Kim, J. & Chang, M. (2009) Students' problem-solving as mediated by their cognitive tool use: A study of tool use pattern. *Journal of Educational Computing Research, 40*, 111–139
- Lowery, N., Ragland, J.D., Gur, R.C., Gur, R.E. & Moberg P.J. (2004) Normative data for the symbol cancellation test in young healthy adults. *Applied Neuropsychology, 11*, 218–221
- Luarn, P. & Lin, H.H. (2005) Toward an understanding of the behavioural intention to use mobile banking. *Computers in Human Behavior, 21*, 873–891
- Lucas, H.C.J. & Spittler, V.K. (1999) Technology use and performance: A field study of broker workstations. *Decision Sciences, 30*, 291–311
- Mahlke, S. (2008) User experience of interaction with technical systems. VDM, Saarbrücken
- Mahlke, S. & Thüring, M. (2007) Studying antecedents of emotional experiences in interactive contexts. In: ACM (ed) Proceedings of the CHI Conference, pp 915–918
- Malhotra, Y. & Galletta, D.F. (1999) Extending the technology acceptance model to account for social influence: Theoretical bases and empirical validation. In: Proceedings of the 32nd Hawaii international conference on system sciences, Los Alamitos, pp 6–19

- Mariné C. & Huet N. (1998) Techniques d'évaluation de la métacognition. I Les mesures indépendantes de l'exécution de tâches. II Les mesures dépendantes de l'exécution de tâches. *L'Année Psychologique*, 98, 711-742
- Mathieu, J.E. & Zajac, D.M. (1990) A review and meta-analysis of the antecedents, correlates and consequences of organizational commitment. *Psychological Bulletin*, 108, 171–194
- Mauss M. (1966) Les techniques du corps. Sociologie et anthropologie, Paris, Presses Universitaires de France-Gallimard, pp 366–388
- Mendoza, A., Carroll, J. & Stern, L. (2010) Software appropriation over time: from Adoption to stabilization and beyond. *Australasian Journal of Information Systems*, 16, 5–23
- Mendoza, V. & Novick, D. (2005) Usability over time. Proceedings of the SIGDOC '05, Coventry, UK. New York: ACM, pp 151–158
- Metcalf, J. & Shimamura, A.P. (1994) Metacognition: Knowing About Knowing. Cambridge, MA: MIT Press
- Meyer, J.P. & Allen, N.J. (1984) Testing the side-bet theory of organizational commitment: Some methodological considerations. *Journal of Applied Psychology*, 69, 372–378
- Montmain, J., Mauris, G. & Akharraz, A. (2005) Elucidation and decisional risk in a multi-criteria decision based on a choquet integral aggregation: A cybernetic framework. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 13, 239–258
- Moore, G.C. & Benbasat, I. (1991) Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 2, 192–222

- Morgan, P. L., Patrick, J., Waldron, S.M., King, S. L. & Patrick, T. (2009) Improving memory after interruption: Exploiting soft constraints and manipulating information access cost. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 15, 291–306
- Morville, P. (2004) User experience design: Facets of the user experience. Accessed March 2017. <http://semanticstudios.com/publications/semantics/000029.php>
- Nielsen, J. (1992) Finding usability problems through heuristic evaluation. In Proceedings ACM CHI'92 Conference (pp. 373–380). Monterey, CA, May 3–7
- Nielsen, J. (1993) Usability Engineering. Boston: Academic Press.
- Nielsen, J. (1994) Heuristic evaluation. In J. Nielsen & R.L. Mack (Eds.), Usability Inspection Methods. New-York: John Wiley & Sons, pp 25–62
- Nielsen, J. (1994) Usability engineering. Academic Press, San Diego
- Niv, Y. (2007) Cost, Benefit, Tonic, Phasic : What Do Response Rates Tell Us about Dopamine and Motivation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1104, 357–376
- Navarro, J. & Osiurak, F. (2015) When do use automatic tools rather than doing a task manually? Influence of automatic tool speed. *American Journal of Psychology*, 128, 77-88
- Norman, D.A. (2004) Emotional design : Why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books.
- Oliver, R.L. (1980) A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research*, 17, 460–469
- Oliver, R.L. (1981) Measurement and evaluation of satisfaction processes in retail settings. *Journal of Retailing*, 57, 25–48

- Osiurak, F., Jarry, C., Allain, P., Aubin, G., Etcharry-Bouyx, F., Richard, I., . . . Le Gall, D. (2009). Unusual use of objects after unilateral brain damage. The technical reasoning model. *Cortex*, *45*, 769–783
- Osiurak, F., Jarry, C. & Le Gall, D. (2010) Grasping the affordances, understanding the reasoning. Toward a dialectical theory of human tool use. *Psychological Review*, *117*, 517–540
- Osiurak, F., Wagner, C., Djerbi, S. & Navarro, J. (2013) To do it or to let an automatic tool do it? The priority of control over effort. *Experimental Psychology*, *60*, 453–468
- Osiurak, F. & Badets, A. (2016) Tool use and affordance: Manipulation-based versus reasoning- based approaches. *Psychological Review*, *123*, 534–68
- Osiurak, F., Navarro, J., Reynaud, E. & Thomas, G. (2018) Tools don't – and won't make the Man: a cognitive look at the future. *Journal of Experimental Psychology: General*, *147*, 782–788
- Packard, M. G. & Knowlton, B.J. (2002) Learning and memory functions of the basal ganglia. *Annual review of neuroscience*, *25*, 563–593
- Park, S.Y. (2009) An analysis of the technology acceptance model in understanding university students' behavioural intention to use e-learning. *Journal of Educational Technology & Society*, *12*, 150–162
- Payne, J.W. (1982) Contingent decision behavior. *Psychological Bulletin*, *92*, 382–402
- Payne, J.W., Bettman, J.R. & Johnson, E.J. (1988) Adaptive strategy selection in decision making. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*, 534–552

- Payne, J.W., Bettman, J.R. & Johnson, E.J. (1993) *The adaptive decision maker*. Cambridge University Press, New York
- Pezzulo, G. & Castelfranchi, C. (2009) Thinking as the control of imagination: a conceptual framework for goal-directed systems. *Psychological Research*, 73, 559–577
- Pinon, K. (2007) *Métamémoire et dysfonctionnement exécutif: Etude clinique des niveaux de perturbation et réflexion sur les méthodes d’investigation de la métamémoire*. Dissertation, Université d’Angers
- Pintrich, P.R., Wolters, C.A. & Baxter, G.P. (2000) Assessing metacognition and self-regulated learning. In G. Schraw & J.C. Impara (Eds.), *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 43-97). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements
- Pituch, K.A. & Lee, Y.K. (2006) The influence of system characteristics on e-learning use. *Computers & Education*, 47, 222–244
- Pommeranz, A., Wiggers, P., Brinkman, W.P. & Jonker, C.M. (2012) Social acceptance of negotiation support systems: scenario-based exploration with focus groups and online survey. *Cognition, Technology & Work*, 14, 299–317
- Proulx, S. (2002) Trajectoires d’usages des technologies de communication: Les formes d’appropriation d’une culture numérique comme enjeu d’une société du savoir. *Annals of Telecommunications*, 57, 180–189
- Quiles, C. (2014) Comment évaluer la métacognition ? Intérêts et limites de l’évaluation de la conscience métacognitive “on-line”. Dissertation, Université de Bordeaux
- Rai, A., Lang, S.S. & Welker, R.B. (2002) Assessing the validity of IS success models: An empirical test and rhetorical analysis. *Information Systems Research*, 13, 50–69

- Rana, N.P. & Dwivedi, Y.K. (2015) Citizen's adoption of an e-government system: Validating extended social cognitive theory (SCT). *Government Information Quarterly*, 32, 172–181
- Risko, E.F., Medimorec, S., Chisholm, J. & Kingstone, A. (2014) Rotating with rotated text: a natural behavior approach to investigating cognitive offloading. *Cognitive Science*, 38, 537–564
- Risko, E.F. & Dunn, T.L. (2015) Storing information in-the-world: Metacognition and cognitive offloading in a short-term memory task. *Consciousness and Cognition*, 36, 61–74
- Risko, E.F. & Gilbert, S.J. (2016) Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences*, 20, 676–688
- Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2008) Les neurones miroirs, traduit de l'italien par Marilène Raiola, Paris : Odile Jacob, 2008
- Rockenbach, B., Sadrieh, A. & Mathauschek, B. (2007) Teams take the better risks. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63, 412–422
- Rogers, E.M. (1995) Diffusion of Innovations. Free Press, New York
- Romdhane, E. (2013) La question de l'acceptation des outils de e-learning par les apprenants: Quels dimensions et déterminants en milieu universitaire tunisien? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 10, 46–57
- Rothbaum, F., Weisz, J.R. & Snyder, S.S. (1982) Changing the world and changing the self: A two-process model of perceived control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42, 5–37
- Sætren, G.B. & Laumann, K. (2015) Effects of trust in high-risk organizations during technological changes. *Cognition, Technology & Work*, 17, 131–144

- Selwyn, N. (2003) Apart from technology : understanding people's non-use of information and communication technologies in everyday life. *Technology in Society*, 25, 99–116
- Schraw, G., Potenza, M. & Nebelsick-Gullet, L. (1993) Constraints on the calibration of performance. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 455–463
- Schwartz, B., Ward, A., Monterosso, J., Lyubomirsky, S., White, K. & Lehman, D.R. (2002) Maximizing Versus Satisficing: Happiness Is a Matter of Choice. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83, 1178–1197
- Schwartz, B. (2004) The paradox of choice: why more is less. New York: Harper Perennial
- Schwartz, B. (2004) The Tyranny of Choice. *Scientific American Mind Vol. 14*, 44–49
- Seddon, P.B. (1997) A re-specification and extension of the DeLone and McLean Model of IS success. *Information Systems Research*, 8, 240–253
- Selim, H.M. (2007) Critical success factors for e-learning acceptance: Confirmatory factor models. *Computers & Education*, 49, 396–413
- Shackel, B. (1981) The concept of usability. In: Bennett JL, Case D, Sandelin J, Smith M, Visual display terminals: Usability issues and health concerns, pp 45–88
- Shackel, B. (1997) Human-computer interaction - whence and whither? *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 48, 970–986
- Shupp, R.S. & Williams, A.W. (2008) Risk preference differentials of small groups and individuals. *The Economic Journal*, 118, 258–283
- Siegler, R.S. & Lemaire, P. (1997) Older and younger adults' strategy choices in multiplication: testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 71–92

- Sila, I. (2015) The state of empirical research on the adoption and diffusion of business-to-business e-commerce. *International Journal of Electronic Business*, 12, 258–301
- Sonderegger, A. & Sauer, J. (2010) The influence of design aesthetics in usability testing: effects on user performance and perceived usability. *Applied Ergonomics*, 41, 403–410
- Sonderegger, A., Zbinden, G., Uebelbacher, A. & Sauer, J. (2012) The influence of product aesthetics and usability over the course of time: a longitudinal field experiment. *Ergonomics*, 55, 713–30
- Sparrow, B., Liu, J. & Wegner, D.M. (2011) Google effects on memory: cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*, 333, 776–778
- Sporaka, A. J., Kurniawan, S. H., Mahmud, M. & Slavik, P. (2007) Longitudinal study of continuous non-speech operated mouse pointer. Proceedings of the CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM
- Stoeber, J. & Esser, K.B. (2001) Test anxiety and metamemory: General preference for external over internal information storage. *Personality and Individual Differences*, 30, 775–781
- Storm, B. & Stone, S. (2015) Saving-enhanced memory, the benefits of saving on the learning and remembering of new information. *Psychological Science*, 26, 182–188
- Subramanian, G.H. (1994) A replication of perceived usefulness and perceived ease of use measurement. *Decision Sciences*, 25, 863–874
- Sun, H. & Zhang, P. (2006) The role of moderating factors in user technology acceptance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 53–78
- Swanson, E.B. (1982) Measuring user attitudes in MIS research: A review. *OMEGA - The International Journal of Management Science*, 10, 157–165

- Taherdoost, H. (2018) A review of technology acceptance and adoption models and theories. *Procedia Manufacturing*. 11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2017, 5-6 October 2017, Tirgu-Mures, Romania
- Taylor, S. & Todd, P.A. (1995) Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 6, 144–176
- Thompson, R.L., Higgins, C.A. & Howell, J.M. (1991) Personal computing: Toward a conceptual model of utilization. *MIS Quarterly*, 15, 125–143
- Thong, J.Y.L., Hong, W. & Tam, K. (2002) Understanding user acceptance of digital libraries: What are the roles of interface characteristics, organizational context, and individual differences? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 215– 242
- Thüring, M. & Mahlke, S. (2007) Usability, aesthetics and emotions in human–technology interaction. *International Journal of Psychology*, 42, 253–264
- Timmermans, D. (1993) The impact of task complexity on information use in multi-attribute decision making. *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, 95–111
- Tornatzky, L.G. & Klein, K.J. (1982) Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings. *Transactions on Engineering Management*, 29, 28–45
- Tractinsky, N. (1997) Aesthetics and apparent usability: Empirically assessing cultural and methodological issues. In: ACM (ed) CHI 97 Conference Proceedings, New York, pp 115–122
- Tractinsky, N., Katz, A.S. & Ikar, D. (2000) What Is Beautiful Is Usable. *Interacting with Computers*, 13, 127–145

- Trevino, L.K., Webster, J. (1992) Flow in computer-mediated communication. *Communication Research, 19*, 539–573
- Triandis, H.C. (1980) Values, attitudes and interpersonal behaviour. In: Howe HE, Page MM (ed) Nebraska Symposium on Motivation. University of Nebraska Press, pp 195–259
- Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps J.F., Amiel, A., Lutz, G. & Morcillo, A. (2003) Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In: Desmoulins, C., Marquet, P., Bouhineau, D. (ed) Environnements informatiques pour l'apprentissage humain, pp 391–402
- Tsoukias, A. (2006) De la théorie de la décision à l'aide à la décision. Concepts et méthodes pour l'aide à la décision: Outils de modélisation. Hermès-Lavoisier, Paris
- Tversky, A. (1969) Intransitivity of preferences. *Psychological Review, 76*, 31–48
- Umemuro, H. (2004) Computer attitude, cognitive abilities, and technology use among older Japanese adults. *Gerontechnology, 3*, 64–76
- Vallerand, R.J. (1997) Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Advances in Experimental Social Psychology, 29*, 271–360
- Van der Heijden, H. (2003) Factors influencing the usage of websites: the case of a generic portal in The Netherlands. *Information and Management, 40*, 541–549
- Van Der Heijden, H. (2004) User acceptance of hedonic information systems. *Management Information Systems Quarterly, 28*, 695–704
- Van Schaik, P. & Ling, J. (2012) An experimental analysis of experiential and cognitive variables in web navigation. *Human-Computer Interaction, 27*, 199–234
- Varela, F., Thomson, E., Rosch, E. (1993) L'inscription corporelle de l'esprit. Seuil, Paris

- Venkatesh, V. & Davis, F.D. (1996) A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. *Decision Sciences*, 27, 451–481
- Venkatesh, V. & Davis, F.D. (2000) A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46, 186–204
- Venkatesh, V. & Morris, M.G. (2000) Why do not men ever stop to ask for directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *Management Information Systems Quarterly*, 24, 115–139
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B. & Davis, F.D. (2003) User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27, 425–478
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Sykes, T.A. & Ackerman, P.L. (2004) Individual reactions to new technologies in the workplace: the role of gender as a psychological construct. *Journal of Applied Social Psychology*, 34, 445–467
- Venkatesh, V. (2005) Technology acceptance: Unified model. *Journal of Management Information Systems*, 7, 329–331
- Virgo, J., Pillon, J., Navarro, J., Reynaud, E. & Osiurak, F. (2017) Are you sure you're faster when using a cognitive tool? *American Journal of Psychology*, 130, 493–503
- Wagener, B. (2011) Développement et transmission de la métacognition. Dissertation, Université d'Angers
- Walsh, M.M. & Anderson, J.R. (2009) The strategic nature of changing your mind. *Cognitive Psychology*, 58, 416–440
- West, R.F., & Stanovich, K.E. (1997) The domain specificity and generality of overconfidence : individual differences in performance estimation bias. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4, 387–392

- Wilson, M. (2002) Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625–636
- Wixom, B.H. & Todd, P.A. (2005) A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance. *Information Systems Research*, 16, 85–102
- Wyatt, S., Thomas, G. & Terranova, T. (2002) They came, they surfed, they went back the beach : Conceptualising use and non-use of the Internet. In S Woolgar (éd.) *Virtual Society ? Technology, Cyberpole, Reality*, Oxford, Oxford University Press, pp 23–40
- Yousafzai, S.Y., Foxall, G.R. & Pallister, J.G. (2010) Explaining internet banking behavior: theory of reasoned action, theory of planned behavior, or technology acceptance model? *Journal of Applied Social Psychology*, 40, 1172–1202