

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Rédacteurs en chef

Sylvie Leleu-Merviel

Khaldoun Zreik

Vol 14 - N° 2 / 2013



© Europia, 2013

15, avenue de Ségur,

75007 Paris - France

Tel (Fr) 01 45 51 26 07 - (Int.) 33 1 45 51 26 07

Fax (Fr) 01 45 51 26 32 - (Int.) 33 1 45 51 26 32

<http://europia.org/RIHM>

rihm@europia.org

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Rédacteurs en chef / *Editors in chief*

- Sylvie Leleu-Merviel, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Laboratoire DeVisu
- Khaldoun Zreik, Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe

Comité éditorial / *Editorial Board*

- Thierry Baccino (Université Paris8, LUTIN - UMS-CNRS 2809, France)
- Karine Berthelot-Guiet (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Pierre Boulanger (University of Alberta, Advanced Man-Machine Interface Laboratory, Canada)
- Jean-Jacques Boutaud (Université de Dijon, CIMEOS, France)
- Aline Chevalier (Université Paris Ouest Nanterre La Défense, CLLE-LTC, France)
- Yves Chevalier (Université de Bretagne Sud, CERSIC -ERELLIF, France)
- Didier Courbet (Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, Mediasic, France)
- Viviane Couzinet (Université de Toulouse3, LERASS, France)
- Milad Doueïhi (Université de Laval - Chaire de recherche en Cultures numériques, Canada)
- Pierre Fastrez (Université Catholique de Louvain, GReMS, Belgique)
- Pascal Francq (Université Catholique de Louvain, ISU, Belgique)
- Bertrand Gervais (UQAM, Centre de Recherche sur le texte et l'imaginaire, Canada)
- Yves Jeanneret (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Patrizia Laudati (Université de Valenciennes, DeVisu, France)
- Catherine Loneux (Université de Rennes, CERSIC -ERELLIF, France)
- Marion G. Müller (Jacobs University Bremen, PIAV, Allemagne)
- Marcel O'Gormann (University of Waterloo, Critical Média Lab, Canada)
- Serge Proulx (UQAM, LabCMO, Canada)
- Jean-Marc Robert (Ecole Polytechnique de Montréal, Canada)
- Imad Saleh (Université Paris 8, CITU-Paragraphe, France)
- André Tricot (Université de Toulouse 2, CLLE - Lab. Travail & Cognition, France)
- Jean Vanderdonckt (Université Catholique de Louvain, LSM, Belgique)
- Alain Trognon (Université Nancy2, Laboratoire InterPsy, France)

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Vol 14 - N° 2 / 2013

Sommaire

Editorial

Sylvie LELEU-MERVIEL, Khaldoun ZREIK (Rédacteurs en chef)

Acceptabilité des sites web et ergonomie de l'interface : étude de l'influence de l'utilisabilité objective et de la charge cognitive

Website acceptance and ergonomic design: study of objective usability and cognitive load influence

Nicolas DEBUE , Catherine HELLEMANS, Cécile VAN DE LEEMPUT 1

Instrumentation des marques de lecture numérique pour le repérage du lecteur

Designing a tool for the location of the reader from the digital reading annotations

Delphine TIROLE, Ioan ROXIN 25

L'analyse des usages d'une plateforme pédagogique : médiation technologique et interactions humaines

The analysis of educational platform's use: technological mediation and human interaction

Laïd BOUZIDI, Sabrina BOULESNANE 47

La relation conjugale à l'heure du poly-engagement synchronique : un nouveau défi pour le couple

The couple relationship in the era of synchronic multicommitment: a new challenge for the couple

Sophie DEMONCEAUX 69

Editorial

R.I.H.M., revue qualifiante figurant sur la liste AERES-CNU de 71^{ème} section, achève sa sixième année en tant que Revue des Interactions Humaines Médiatisées. Après le numéro thématique sur le Serious Game qui a ouvert 2013, ce numéro revient à la formule de quatre articles en varia. Au fil du temps, notre revue gagne progressivement en sélectivité : ainsi nous arrivons aujourd’hui à un taux de sélectivité d’environ 50%. Par ailleurs, elle aime à croiser les regards pluri-disciplinaires, tout en restant centrée sur la science de l’information-communication. De façon emblématique, la présente parution s’ouvre donc sur un article émanant d’un laboratoire bruxellois de psychologie, tandis que tous les autres auteurs sont des chercheurs de la discipline de référence.

En effet, le premier article porte sur l’acceptabilité des sites web. Il interroge les liens entre l’ergonomie de l’interface, l’utilisabilité d’un site internet et les variables issues du modèle d’acceptabilité des technologies de Davis (1989), tout en mobilisant la théorie de la charge cognitive pour expliquer ces relations. Il montre que l’ergonomie de l’interface influence l’intention d’usage du site internet, à travers la perception de la facilité d’utilisation et la perception de l’utilité.

Le deuxième article présente une réflexion sur les enjeux entourant l’appropriation des dispositifs de lecture numérique. Il propose de développer des outils de lecture exploitant la computation. L’idée est de remédier aux défauts d’ergonomie du numérique par des outils numériques assistant le lecteur. Ainsi, les marques de lecture numérique sont mobilisées pour la production de repères computationnels.

La question qui guide le troisième article est : « Comment peut-on définir un processus d’intégration des TIC facilitant leur usage dans la fonction enseignante ? ». La réflexion s’appuie sur une ‘expérience’ réelle de mise en place d’une plateforme pédagogique. Elle a permis de dégager les freins qui constituent les goulots d’étranglement dans l’usage des TIC, mais aussi d’identifier les leviers favorisant l’insertion des TIC dans les pratiques pédagogiques.

Enfin, le dernier article examine l'hyperconnectivité et la façon dont elle induit de nouveaux comportements qui semblent modifier le paradigme relationnel. L'article cerne la nature de ces changements en analysant plus particulièrement cette question sous l'angle du couple.

Nous vous souhaitons à toutes et à tous une très bonne lecture et nous vous remercions de votre fidélité.

Sylvie **LELEU-MERVIEL** et Khaldoun **ZREIK**

Rédacteurs en chef

Acceptabilité des sites web et ergonomie de l'interface : étude de l'influence de l'utilisabilité objective et de la charge cognitive

Website acceptance and ergonomic design: study of objective usability and cognitive load influence

Nicolas DEBUE (1), Catherine HELLEMANS (1), Cécile VAN DE LEEMPUT (1)

(1) Université libre de Bruxelles, Centre de Recherche en Psychologie du Travail et de la Consommation, Belgique

nicolas.debue@ulb.ac.be;

catherine.hellemans@ulb.ac.be;

cecile.van.de.leemput@ulb.ac.be

Résumé. Cette étude interroge les liens entre l'ergonomie de l'interface, l'utilisabilité d'un site internet et les variables issues du modèle d'acceptabilité des technologies de Davis (1989), tout en mobilisant la théorie de la charge cognitive pour expliquer ces relations. L'étude a été menée au sein du laboratoire d'utilisabilité d'un centre de recherche universitaire. Les 46 sujets étaient invités à effectuer des tâches de recherche d'informations sur un site web dont l'ergonomie de l'interface était manipulée. Des mesures de l'efficacité et de l'efficacité aux tâches étaient retenues, ainsi que des mesures objectives (temps de réaction à une double tâche) et subjectives (échelles de mesure) de la charge cognitive. Les principaux résultats montrent que l'ergonomie de l'interface influence l'intention d'usage du site internet, à travers la perception de la facilité d'utilisation et la perception de l'utilité. La diminution de l'efficacité aux tâches explique que les sujets perçoivent le site non ergonomique comme étant plus difficile à utiliser. Les résultats indiquent également que la charge cognitive permet d'expliquer certaines des relations observées. Les temps de réaction moyens sont plus élevés dans la condition ergonomique, ce qui pourrait refléter une plus grande implication dans la tâche et une perception de l'utilité plus favorable.

Mots-clés. Acceptabilité, ergonomie, utilisabilité, charge cognitive, système d'information.

Abstract. Based on cognitive load theory (CLT), this paper focuses on the links between ergonomic design, website usability and the technology acceptance model (Davis, 1989). A study was conducted in a usability lab of an academic research center with 46 subjects. They were invited to perform information search tasks on a website in which ergonomic design had been manipulated. Efficiency and task efficacy were measured as well as objective (reaction time on a double task) and subjective (self-measurement scale) cognitive load. The results show that ergonomic

design influences a person's intention to use a website through the perception of utility and ease of use. Lower task efficacy explains why the non-ergonomic website is perceived by users as being more difficult to use. Cognitive load appears useful for the explanation of some of these relationships. Indeed, average reaction time is higher under ergonomic condition which could reflect a deeper task involvement and a greater perception of utility.

Keywords. Acceptance, ergonomics, usability, cognitive load, information system.

1 Contexte

Les développements des technologies de l'information et de la communication ont donné lieu à de très nombreuses recherches s'intéressant à l'acceptabilité des systèmes d'information. Si une variété de modèles se côtoient pour mettre en lumière les facteurs expliquant l'acceptabilité d'un système (Venkatesh *et al.*, 2003), le *Technology Acceptance Model* (TAM) de Davis (1989) reste un outil abondamment utilisé dans la littérature. Des extensions conceptuelles, contextuelles et méthodologiques ont été proposées pour étendre la portée de ce modèle mais, encore aujourd'hui, certains questionnements demeurent sans réponse.

L'originalité de notre étude réside dans le fait qu'elle se positionne à la croisée de deux disciplines, l'ergonomie des systèmes d'information et l'acceptabilité sociale, en opérant des liens entre des variables rendant compte de l'aspect qualitatif de l'interaction utilisateur-système et des variables d'ordre psychosocial, traditionnellement mobilisées pour expliquer l'usage futur d'un système d'information. Nous espérons également pouvoir faire la lumière sur les processus qui permettent d'expliquer ces interactions. Nous présenterons tout d'abord les concepts qui délimitent le cadre théorique de cette étude avant de les articuler au sein de notre modèle conceptuel. Nous aborderons ensuite la méthodologie mise en œuvre pour la recherche avant d'aborder l'analyse de nos résultats. Les résultats, limites et perspectives de notre étude seront ensuite discutés.

2 Cadre théorique

Dans cette section, nous exposerons le cadre théorique qui sert de support aux concepts déployés dans notre étude. Nous présenterons les fondements du TAM ainsi que les questions soulevées par ses évolutions récentes avant d'aborder la notion d'utilisabilité d'un système et les méthodes et techniques qui permettent son évaluation. Nous aborderons ensuite la notion de charge cognitive au travers de la théorie de la charge cognitive et soulignerons ses implications au regard de notre objet de recherche.

2.1 Le modèle d'acceptation des technologies

Le *Technology Acceptance Model* (TAM, Davis, 1989) se fonde sur la théorie de l'action raisonnée (Fishbein & Ajzen, 1975), théorie qui vise à prédire l'intention comportementale d'un individu à partir de ses croyances et des normes. Davis a transposé ce modèle explicatif à l'usage d'une nouvelle technologie en retenant deux facteurs explicatifs de cette intention, la perception de l'utilité du système (PU) et la perception de la facilité d'utilisation (PFU). La première peut se définir comme la croyance dans le fait que l'utilisation d'un système améliorera la performance de l'utilisateur alors que la seconde renvoie à la croyance que l'utilisation future se fera sans effort. De nombreuses études ont permis de démontrer la robustesse du modèle dans des contextes d'usage et pour des technologies très variées telles que le

courrier électronique, l'internet (Moon & Kim, 2001), les sites de e-commerce (Elmezni & Gharbi, 2011) ou encore l'usage de système de télé-médecine ; ce qui constitue l'une des principales forces du TAM (voir Legris, Ingham et Colletterte (2003) pour une revue détaillée).

Le modèle TAM a aussi fait l'objet d'importantes extensions, notamment par l'intégration de variables externes influençant les deux perceptions prédictrices de l'intention d'usage (p. ex. King et He (2006)). Selon les modèles TAM3 (Venkatesh & Bala, 2008) et TAM2 (Venkatesh & Davis, 2000), il faut distinguer les variables impactant la perception de l'utilité de celles qui influencent la perception de la facilité d'utilisation, étant entendu que ces deux groupes de variables sont indépendants l'un de l'autre. Ces auteurs distinguent les variables liées à l'influence sociale des pairs et à l'image symbolique véhiculée par l'usage d'une technologie, de celles liées aux capacités instrumentales de celle-ci. Un individu pourra percevoir une technologie comme plus utile car des personnes à qui il se réfère (des pairs ou des supérieurs) lui disent qu'elle est utile pour lui. Au niveau instrumental, il jugera également l'utilité d'un système sur base de ce qu'il peut réaliser en l'utilisant, en confrontant ses attentes aux résultats effectivement obtenus grâce à l'utilisation du système et à la mesure dans laquelle ces résultats contribuent à ses objectifs.

Concernant la perception de la facilité d'utilisation (PFU), Venkatesh et Bala se basent sur le processus d'ancrage et d'ajustement de Tversky et Kahneman (1974) pour définir les facteurs sur lesquels l'individu ancrera sa perception. Ainsi, un individu confronté à un nouvel outil informatique ancrera sa perception sur base de son sentiment d'auto-efficacité avec l'informatique (SAEI), des conditions de facilitation, de son attrait pour l'informatique (*computer playfulness*) et de son anxiété face à l'informatique. L'utilisateur ajustera ensuite sa perception en fonction du plaisir perçu lors de l'interaction avec le système ainsi que de l'utilisabilité objective de celui-ci.

Il faut souligner que l'opérationnalisation de la mesure de l'utilisabilité objective diffère sensiblement des autres facteurs mobilisés dans le modèle pour expliquer la PU et la PFU. En effet, il s'agit ici d'une mesure « objective » du résultat de l'interaction utilisateur-système, et non d'une perception de l'utilisateur vis-à-vis d'un aspect particulier. Venkatesh et Bala (2008) proposent de mesurer l'utilisabilité du système sur base du temps que le sujet met pour réaliser un certain nombre de tâches, en le comparant ensuite avec un temps de référence basé sur celui d'utilisateurs expérimentés. En décidant de s'intéresser à ce type de variable, Venkatesh et Bala opèrent un glissement paradigmatique entre une vision sociale de l'acceptabilité et une vision expérientielle (Nielsen, 1994), traditionnellement opposées dans la littérature sur l'acceptabilité sociale et opératoire (Brangier, Hammes-Adelé & Bastien, 2010).

Venkatesh et Bala en viennent ainsi à questionner les relations entre les caractéristiques instrumentales des systèmes et les antécédents de l'intention d'usage. Plus particulièrement, ils suggèrent que la nature de l'information présentée pourrait influencer la PU alors que ce seraient les caractéristiques de l'interface d'un système d'information (SI) qui influenceraient la perception de la facilité d'utilisation (PFU).

Notre recherche propose d'élargir les ponts entre les approches opératoire et sociale de l'acceptabilité. Pour ce faire, nous nous intéresserons plus spécifiquement aux liens qui peuvent être tissés entre l'utilisabilité objective et les déterminants de l'intention d'usage, ainsi qu'à l'influence des caractéristiques ergonomiques des SI sur ces variables. Nous proposons de mettre en perspective ces liens en mobilisant la théorie de la charge cognitive (Sweller, 1988). Comme cela a été mis en évidence

par Hollender et ses collègues (2010), cette théorie a été adoptée avec succès dans le champ des interactions hommes-ordinateurs et offre un cadre pertinent pour l'analyse des liens entre caractéristiques des systèmes et caractéristiques des utilisateurs.

2.2 Utilisabilité

Selon la norme ISO 9241-11 (1998), l'utilisabilité se définit comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié » (p. 2). L'efficacité représente la « précision et le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés » (p. 2). L'efficience se rapporte au « rapport entre les ressources dépensées et la précision et le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés ». Enfin, la satisfaction est définie comme « l'absence d'inconfort et des attitudes positives dans l'utilisation du produit » (p. 2).

Ces définitions offrent l'avantage d'être facilement opérationnalisables (Baccino, Bellino & Colombi, 2005) et elles permettent d'approcher de manière simple et univoque un concept marqué par une très grande hétérogénéité (Hornbæk, 2006). Toutefois, à la lumière de ces définitions, l'opérationnalisation proposée dans le modèle TAM apparaît comme réductrice puisqu'elle représente davantage une mesure de l'efficience. Il s'avère donc nécessaire d'élargir la mesure de l'utilisabilité objective dans les études sur l'acceptabilité des technologies afin de prendre en compte d'autres aspects de l'interaction réelle que la seule mesure de l'efficience.

Précisons également qu'il existe différentes méthodes, techniques et outils qui permettent d'évaluer l'utilisabilité d'un système d'information (Brangier *et al.*, 2010 ; Nielsen, 1994 ; Rubin & Chisnel, 2008). Certains outils peuvent être déployés dès les premières phases de conception d'un SI afin d'évaluer les besoins des utilisateurs (enquête par questionnaire, « focus groups ») alors que d'autres seront plutôt mis en œuvre lors des phases de production (technique du « Walk-through ») pour mettre en lumière les problèmes potentiels d'utilisation. Suivant les méthodes sélectionnées, l'utilisateur final sera plus au moins impliqué dans le processus d'évaluation de l'utilisabilité (Rubin & Chisnel, 2008). L'évaluation ergonomique est l'une des techniques qui peut être utilisée sans avoir recours aux utilisateurs finaux. Lors de cette évaluation, un (ou plusieurs) expert se charge d'évaluer l'utilisabilité d'un système sur base de principes généraux de conception et de lignes de conduite visant à rendre le système le plus « utilisable » possible en regard des caractéristiques (cognitives, sensorielles, etc.) des utilisateurs. Scapin et Bastien (1997) proposent ainsi huit critères ergonomiques (guidage, charge de travail, contrôle explicite, adaptabilité, gestion des erreurs, homogénéité/cohérence, signifiante des codes/dénominations et compatibilité) pour évaluer *a priori* l'utilisabilité d'un dispositif au moyen de l'inspection ergonomique. Le « test utilisateur » est l'une des techniques qui fait appel aux utilisateurs finaux d'un SI. Il permet d'identifier les difficultés d'usage en situation réelle d'utilisation via l'observation des comportements des utilisateurs, ainsi que de calculer des indices de performance et d'efficience dans la réalisation de tâches scénarisées (Bastien & Tricot, 2008). Ces méthodes peuvent être appliquées isolément ou combinées (voir Caro-Dambreville (2008) et Ezzedine *et al.* (2008) pour des exemples) afin d'évaluer l'utilisabilité d'un système d'information.

2.3 Charge cognitive

Initialement proposée par Sweller (1988, 1999) dans le domaine des apprentissages, la théorie de la charge cognitive (TCC) vise à expliquer comment l'information est

traitée par l'architecture cognitive humaine. Schématiquement, cette architecture serait composée de deux structures interdépendantes : la mémoire de travail (MDT) à la capacité de stockage limitée, et la mémoire à long terme (MLT) au stockage quasi illimité. La MDT – la structure dominante – permettrait de traiter peu d'informations nouvelles mais un nombre élevé d'informations déjà apprises, dès lors qu'elles seraient stockées en MLT sous forme de schémas d'information. Dans la TCC, l'acquisition et l'automatisation des schémas sont les deux mécanismes fondamentaux sur lesquels repose le processus d'apprentissage (Chanquoy, Tricot et Sweller, 2007). Du degré d'expertise d'un individu par rapport à un domaine particulier dépendra donc la quantité de schémas qu'il possède sur ce domaine en MLT. La quantité d'information pouvant être traitée en MDT est donc limitée et le traitement d'information nécessite une certaine part des ressources cognitives disponibles. La TCC propose de distinguer trois types de charges cognitives (cf. *infra*) pour rendre compte de l'utilisation de ces ressources (Chanquoy *et al.*, 2007 ; Paas & van Merriënboer, 1994).

La charge intrinsèque est « déterminée par la quantité d'éléments à traiter simultanément et, par conséquent, par les niveaux d'interactivité entre éléments, où un élément est défini comme ce qui doit être appris » (Chanquoy *et al.*, 2007 : 163). Elle est directement liée à la tâche et dépend de la quantité et de l'interactivité des éléments présentés ainsi que du degré d'expertise de l'individu dans le domaine d'apprentissage concerné. Pour une tâche donnée, elle est donc fixe mais peut varier en fonction du niveau de connaissance de l'individu. La charge extrinsèque renvoie aux ressources allouées à tout ce qui ne concourt pas directement à l'activité d'apprentissage, c'est-à-dire principalement à la manière dont sera présentée l'information. Elle doit être réduite pour permettre de libérer des ressources utiles en MDT. Enfin, la charge pertinente (ou utile) se réfère à la charge qui est induite par l'acquisition et l'automatisation des schémas et est parfois comparée à la concentration nécessaire pour assimiler l'information (Cierniak, Scheiter & Gerjets, 2009). Pour Schnotz et Kürschner (2007), la charge pertinente se réfère aux traitements liés à la tâche qui ne sont pas directement en lien avec la performance, tels que l'application consciente de stratégies d'apprentissage ou la restructuration du problème.

La TCC offre également un terrain fertile pour rendre compte des interactions dans le cadre des environnements informatisés d'apprentissage humain (EIAH), et de manière plus générale, dans le cadre des interactions hommes-ordinateurs (Hollender *et al.*, 2010). Amadiou et Tricot (2006) proposent un modèle identifiant l'utilisation des ressources cognitives en contexte d'EIAH. Ils mettent ainsi l'accent sur le fait qu'en dehors de la tâche d'apprentissage, l'utilisation d'un système d'information conduit également à une « dépense » cognitive qui est fonction des caractéristiques instrumentales de ce système (interface, fonctionnalités et contenus). Oviatt (2006) montre ainsi qu'il est possible de diminuer la charge extrinsèque liée à l'utilisation d'un système en améliorant son utilisabilité et Clarke, Ayres et Sweller (2005) démontrent l'importance d'une formation préalable à l'utilisation d'un système pour des tâches d'apprentissage. Cependant, d'autres études (Ayres & van Gog, 2009) suggèrent qu'un accroissement de la charge pertinente, et donc aussi de la charge globale, pourrait témoigner d'une acquisition et d'une automatisation plus importante des schémas d'information ou d'un apprentissage de la structure du système d'information (Padovani & Lansdale, 2003).

C'est donc davantage la balance entre les différentes charges qui déterminerait la performance de l'utilisateur dans les différentes tâches, qu'il s'agisse de

l'apprentissage proprement dit, de recherche d'information ou de navigation dans un hypermédia.

3 Objectifs de la recherche et modèle conceptuel

Les derniers développements apportés au TAM visent à prendre en compte un nombre croissant de variables susceptibles d'expliquer l'acceptabilité future d'un système d'information (SI). Néanmoins, ils peinent à préciser quels sont les impacts des caractéristiques de ces systèmes et par quelles voies elles peuvent influencer les déterminants de l'acceptabilité. Venkatesh et Bala (2008) laissent penser que les caractéristiques instrumentales des SI influenceraient la PFU alors que le contenu du SI influencerait la PU. Pour répondre à ce questionnement, nous proposons de nous intéresser à l'influence que les caractéristiques d'une interface (une caractéristique instrumentale d'un SI) pourraient avoir sur la PU et la PFU.

En accord avec ces auteurs, nous soutenons l'hypothèse selon laquelle les caractéristiques instrumentales influenceraient la perception de la facilité d'utilisation. Nous pensons que cette interaction pourrait s'expliquer par l'influence que ces caractéristiques auraient sur l'utilisabilité objective, décrite par Venkatesh et Bala (2008) comme une variable d'ajustement de la PFU. Cependant, leur opérationnalisation de la mesure de l'utilisabilité objective se rapporte davantage à une mesure de l'efficacité aux tâches. Or, nous pensons que l'efficacité aux tâches serait également une variable explicative de la PFU. En effet, celle-ci peut être mise en lien avec le sentiment d'auto-efficacité avec l'outil informatique (SAEI) (Compeau & Higgins, 1995) qui est une des variables d'ancrage de la PFU (Venkatesh, 2000). Le SAE renvoie à l'importance du sentiment de contrôle dans l'intention comportementale (Ajzen, 1991) et peut se définir, dans le contexte de l'utilisation de l'informatique, comme « [...] la perception qu'un individu entretient quant à sa capacité à utiliser un ordinateur » (van de Leemput & Amiel, 2010 : 89). Selon ces auteurs, cela impliquerait qu'un individu qui ne se sent pas capable d'utiliser un système aura tendance à se détourner de son usage. Nous pensons dès lors que la perception que le sujet a de sa propre efficacité dans l'utilisation d'un outil pourrait s'apparenter à son SAEI, non plus en général, mais pour cet outil en particulier (Faurie & van de Leemput, 2007). Dès lors, nous faisons l'hypothèse que l'efficacité influencera aussi positivement la PFU par le fait qu'une expérience d'efficacité positive renforcera ce sentiment d'auto-efficacité (Bandura, 1978). Les deux composantes de l'utilisabilité objective auraient ainsi une influence positive sur la PFU.

Concernant la nature des caractéristiques de l'interface qui seraient susceptibles d'influencer la PFU, nous émettons l'hypothèse que le (non)respect des critères ergonomiques de Scapin et Bastien (1997) influencera la PFU. Dans la mesure où ces critères visent à s'assurer de l'utilisabilité d'un SI, il nous semble pertinent de supposer que le respect de ceux-ci devrait influencer positivement l'utilisabilité objective. Le fait que cette dernière influence la PFU permettrait ainsi d'expliquer comment les caractéristiques instrumentales du SI, et en particulier l'ergonomie de l'interface, influencent la perception de la facilité d'utilisation.

Pour étayer cette hypothèse, notons que Chevalier, Kicka et Cegarra (2004) démontrent que les temps de recherche d'informations sont plus longs sur un site qui ne respecte pas ces critères ergonomiques, ce qui conduit à une diminution de l'efficacité. Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que l'ergonomie de l'interface aura une influence sur l'efficacité aux tâches. Le modèle proposé par Amadiou et Tricot (2006) met en évidence différentes sources de charge cognitive dans l'utilisation

d'un hypermédia. L'agencement de l'hypermédia jouerait ainsi un rôle en fonction de l'organisation de l'interface, des fonctionnalités et des contenus qu'il propose. Le nombre de fonctionnalités et leur pertinence auraient également un impact sur la charge cognitive extrinsèque. De trop nombreuses fonctionnalités et/ou des fonctionnalités non pertinentes engendreraient une charge extrinsèque importante et gêneraient l'activité de navigation. Nous pouvons supposer que l'utilisation d'un SI peu ergonomique engendrera une charge extrinsèque plus élevée qu'un SI ergonomique.

Cette augmentation de la charge extrinsèque ne serait pas sans conséquence, puisque nous pensons qu'elle pourrait engendrer une baisse de la performance dans le cas où cette surcharge conduirait au dépassement du seuil de la mémoire de travail. Pour comprendre ce dernier point, il faut concevoir la navigation dans un SI (un site internet par exemple) comme une tâche de recherche d'informations durant laquelle l'utilisateur doit procéder à des décisions quant au contenu qui lui est présenté, tout en maintenant en mémoire de travail l'objectif de la recherche.

Selon le modèle « Evaluation-Sélection-Traitement - EST » de Rouet et Tricot (1998), toute activité de recherche d'informations (RI) peut être décrite comme un processus en trois phases principales, englobant elles-mêmes des sous-processus distincts :

- Une phase d'évaluation des objectifs de la recherche et des moyens à mettre en œuvre pour parvenir aux résultats, compte tenu des diverses contraintes situationnelles (moyens techniques, temps, connaissances antérieures).
- Une phase de sélection des catégories susceptibles de contenir l'information recherchée, lors de laquelle le chercheur d'information va opérer des choix quant à l'information à sélectionner et les traduire en actions à effectuer.
- Une phase de traitement de l'information où l'utilisateur va comparer l'information sélectionnée avec l'objectif de la recherche et décider de continuer ou d'arrêter la RI., la difficulté principale de la phase de sélection consistant à maintenir intact le but de la recherche en mémoire de travail, tout en continuant l'activité de navigation.

Nous pensons que la charge intrinsèque renverrait aux ressources cognitives allouées à ces processus alors que la charge extrinsèque serait liée à la navigation dans le SI. Dès lors, la charge intrinsèque ne serait pas dépendante de l'ergonomie alors que la charge extrinsèque sera d'autant plus importante que la navigation sera complexe et qu'elle comportera un grand nombre d'étapes pour arriver au but de la recherche. De ce fait, l'utilisateur pourrait ne pas disposer des ressources cognitives pour traiter efficacement l'information et la comparer avec l'objectif de sa recherche, ce qui l'empêcherait de trouver l'information correcte et nuirait à son efficacité dans des tâches de RI.

Au vu de ces différents éléments, nous émettons l'hypothèse que l'ergonomie de l'interface influencera la PFU par l'intermédiaire de l'utilisabilité objective. En d'autres termes, il s'agirait d'une relation de médiation (Baron & Kenny, 1986) de l'effet de l'ergonomie de l'interface sur la PFU par l'utilisabilité objective.

H1 : L'utilisabilité objective médiatise la relation entre l'ergonomie de l'interface et la perception de la facilité d'utilisation.

Contrairement à Venkatesh et Bala (2008), nous faisons l'hypothèse que les caractéristiques instrumentales des SI, et en particulier l'ergonomie de l'interface, pourraient influencer la perception de l'utilité (PU). Dans la mesure où une interface moins ergonomique produirait une charge cognitive extrinsèque importante chez

l'utilisateur, nous pensons que l'effet d'interférence liée à la charge extrinsèque empêcherait l'utilisateur de mobiliser les ressources cognitives suffisantes pour traiter l'information en profondeur.

Comme l'ont montré certains auteurs (Chevalier & Kicka, 2006 ; Chevalier, Kicka & Cegarra, 2004), la charge cognitive globale mesurée au moyen du paradigme de la double tâche est plus faible dans une condition non ergonomique que dans une condition ergonomique. Nous pensons que cet effet pourrait s'expliquer par la diminution de la charge pertinente survenant conjointement à l'augmentation de la charge extrinsèque induite par la complexité de la navigation dans l'interface. Cette hypothèse se traduirait alors par le fait que ces deux charges devraient être négativement corrélées entre elles.

H2a : La charge extrinsèque et la charge pertinente sont corrélées négativement.

Chevalier et ses collègues (2004) suggèrent également que les utilisateurs pourraient mobiliser davantage de ressources cognitives lorsqu'ils naviguent sur un site web au moyen d'une interface ergonomique, alors qu'ils « s'économiseraient » dans la condition non ergonomique. Cet élément peut être mis en lien avec les hypothèses de Schnotz et Kürschner (2007) concernant le fait que la quantité de ressources cognitives allouées à une tâche serait dépendante de la motivation de l'individu. Lorsque le sujet serait motivé (ou impliqué) dans la tâche, il déciderait de mobiliser davantage de ressources cognitives.

H2b : La charge globale est plus élevée dans la condition ergonomique.

Nous émettons l'hypothèse que dans la condition non ergonomique, le sujet aura tendance à se concentrer uniquement sur la tâche de recherche d'informations. Il ne traiterait le contenu que dans une optique d'appariement entre l'information cible et l'objectif (ou les sous objectifs) de la recherche d'informations. Dans une situation ergonomique et à tâche égale, l'individu disposerait d'une marge plus importante de ressources cognitives due à la baisse de la charge extrinsèque ainsi qu'à un accroissement volontaire des ressources investies. Dès lors, il pourrait mettre en place un traitement plus profond de l'information, qui ne se centrerait pas que sur la simple réalisation de la tâche. Ces traitements supplémentaires (mémorisation de la structure, création de schémas d'information...) seraient reflétés par un accroissement de la charge pertinente, et donc de la charge globale, ainsi que par une compréhension plus étendue du contenu du système d'information. Cette augmentation du niveau de traitement amènerait le sujet à une meilleure perception de l'utilité du contenu présenté.

H3 : La perception de l'utilité est plus élevée lorsque la navigation s'effectue au sein d'une interface ergonomique.

D'après Venkatesh et Davis (1996), l'influence des variables externes sur l'intention d'usage est totalement médiatisée par la perception de la facilité d'utilisation (PFU) et la perception de l'utilité (PU). Par ailleurs, la PU médiatise également une partie de l'influence de la PFU sur l'intention d'usage. Conformément au modèle TAM, nous nous attendons à ce que l'effet de l'ergonomie de l'interface sur l'intention d'usage soit entièrement médiatisé par les deux prédicteurs de l'intention d'usage.

H4 : La perception de l'utilité et la perception de la facilité d'utilisation médiatisent la relation entre l'ergonomie de l'interface et l'intention d'usage.

Pour faciliter la lecture, nous proposons de reporter ces différentes hypothèses dans un modèle conceptuel présenté à la figure 1. Nous ne proposons pas ici les différentes sous-hypothèses que nous détaillerons ultérieurement.

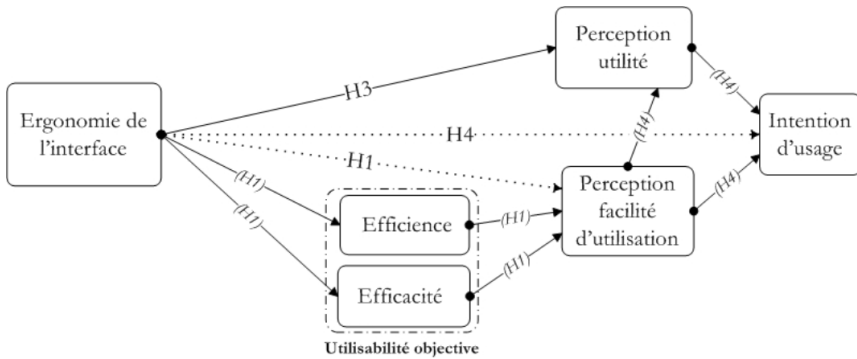


Figure 1. Modèle conceptuel de recherche

4 Méthodologie

Dans cette section, nous présenterons le matériel et les outils que nous avons mis en œuvre pour mener à bien notre étude ainsi que l'opérationnalisation des variables mobilisées. Le protocole de test sera également exposé ainsi que les analyses préliminaires des données d'expérience.

Site Internet

L'étude a été réalisée en prenant comme support le site web d'un centre de recherche universitaire, car il s'agit d'un système d'information peu complexe et dont les caractéristiques de l'interface sont facilement manipulables. Deux sites internet de même contenu ont été créés (cf. figures 2a et 2b), l'un sur base du CMS « Joomla ! » qui permet une grande homogénéité de l'interface et l'autre au moyen du logiciel « Kompozer » qui offre la possibilité de modifier plus aisément l'apparence visuelle de chacune des pages.

La qualité ergonomique de l'interface du site (l'ergonomie de l'interface) a été manipulée sur base des critères de Scapin et Bastien (1997) en s'inspirant de la technique utilisée dans les travaux portant sur la recherche d'informations dans les sites web (Chevalier & Kicka, 2006). Pour créer la version dite « ergonomique », nous avons pris soin de développer le site en respectant l'ensemble des critères ergonomiques de Scapin et Bastien alors que dans la version « non ergonomique », nous avons délibérément violé ces critères afin d'obtenir un site dont l'interface contenait un grand nombre de problèmes ergonomiques.

Le contenu et la structuration des pages au sein du site étaient identiques, à l'exception des sous-menus de la page d'accueil qui étaient regroupés dans la version non ergonomique afin de violer le critère de « longueur des paragraphes ». Les sites comportaient 20 pages pour la version non ergonomique et 22 pages pour la version ergonomique. Chaque version a été soumise à un test d'utilisabilité auprès de trois personnes différentes, afin de s'assurer de l'absence ou de la présence de problèmes ergonomiques.



Figure 2a. Page d'accueil du site ergonomique



Figure 2b. Page d'accueil du site non ergonomique

Mesures des variables

L'opérationnalisation de la mesure de l'utilisabilité objective s'est basée sur les recommandations de Baccino *et al.* (2005) et consistait à mesurer le taux de réponses correctes aux tâches pour l'efficacité, et le temps mis par le sujet pour réaliser la tâche pour la mesure de l'efficience. Le codage de l'efficacité permettait de distinguer les réponses correctes des abandons dans la tâche, ainsi que les réponses incorrectes ou non spécifiques.

La mesure des variables du TAM était basée sur l'échelle proposée par Davis (1989) ainsi que par Castañeda et ses collègues (2007). Tous les items ont été adaptés au site web mais également ajustés au contexte spécifique d'une étude en laboratoire. Par exemple, l'item « je trouve ce système utile pour mon travail » originellement

proposé par Davis (1989) pour mesurer la perception de l'utilité a été transformé en « le site du LAPTE¹ est utile pour quelqu'un qui veut s'informer sur la psychologie du travail ». Nous avons retenu quatre items pour mesurer respectivement la perception de l'utilité et la perception de la facilité d'utilisation et trois items pour mesurer l'intention d'usage. Tous les items étaient formulés positivement et les réponses évaluées sur une échelle de type Likert à sept points, allant de « Pas du tout d'accord » (1) à « Tout à fait d'accord » (7).

Bien que différents types de mesure de la charge cognitive peuvent être utilisés (Brunken, Plass & Leutner, 2003 ; Galy, Cariou & Mélan, 2012 ; Paas *et al.*, 2003), nous avons retenu une mesure objective de la charge cognitive ainsi qu'une mesure subjective des différents sous-types de charge. À l'instar d'autres auteurs (Chevalier *et al.*, 2004), nous nous sommes référés au paradigme de la double tâche pour la mesure objective de la charge cognitive. Nous avons utilisé le logiciel *Tholos* (Ceggara & Chevalier, 2008) qui permet d'enregistrer les temps de réaction d'un sujet à une tâche de détection de stimuli sonores diffusés à intervalles aléatoires.

Pour la mesure subjective des différents sous-types de charge, nous avons adapté les items proposés par Gerjets, Scheiter et Catrambone (2004), Scheiter *et al.* (2006) et Ciernak *et al.* (2009), eux-mêmes issus d'une adaptation du NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988). La charge intrinsèque était évaluée au moyen de l'item « Quel est le niveau d'activité physique et mentale que la tâche vous a demandé ? » ; la charge pertinente par l'item « Quel niveau de travail mental la compréhension du contenu du site vous a-t-elle demandé ? » ; et la charge extrinsèque par l'item « Quel effort la navigation dans le site vous a-t-elle demandé ? ». Après chaque tâche de recherche d'informations, les sujets étaient invités à répondre à ces questions sur une échelle de type Likert à sept points, allant de « Très faible » (1) à « Très élevé » (7).

Echantillon

L'échantillon était composé de quarante-six étudiants (21 femmes, 25 hommes) de l'Université libre de Bruxelles, pour une moyenne d'âge de 25 ans. Les participants étaient répartis aléatoirement entre les deux conditions expérimentales, le site ergonomique et non ergonomique. La fréquence d'usage de l'internet a également été contrôlée avec une utilisation hebdomadaire moyenne située entre 10 et 30 heures.

4.1 Protocole

Les expériences se sont déroulées dans le laboratoire d'utilisabilité du centre de recherche qui permet un enregistrement standardisé des interactions homme-ordinateur. Après installation du participant dans la salle de test par l'expérimentateur, présentation du dispositif et des règles éthiques, les consignes, tâches et questionnaires étaient présentés à l'écran au moyen d'un logiciel spécifique afin que le participant soit seul durant le test, l'expérimentateur observant le déroulement des 3 étapes via une vitre sans tain et un système de caméras.

Étape 1 : Après avoir rempli une courte fiche signalétique, les sujets étaient invités à répondre à une tâche de détection de stimuli sonores présentés à intervalles aléatoires (2 à 5 sec.) au moyen du logiciel *Tholos*. La moyenne des temps de réaction (TR) de chaque sujet était calculée sur base des réponses à vingt stimuli présentés successivement.

¹ Ancien nom du centre de recherche où a été menée l'expérience.

Étape 2 : Les sujets devaient ensuite effectuer trois tâches de recherche d'informations dans le site web du centre de recherche. En partant de la page d'accueil pour chacune des tâches, ils devaient reporter l'information (par copier/coller) dans un champ apparaissant à cet effet à l'écran. Le temps mis à chacune des tâches était enregistré automatiquement et débutait dès la fin de la lecture de la consigne jusqu'à la transcription de la réponse dans le champ correspondant.

Pendant chaque tâche, les sujets devaient effectuer simultanément une tâche de détection de stimuli sonores, présentés aléatoirement dans un intervalle de temps compris entre 3 et 15 secondes. La consigne mentionnait clairement qu'ils devaient principalement se concentrer sur la tâche de recherche d'informations et non sur la détection des signaux. Après chacune des tâches, l'échelle de perception des charges cognitives était présentée avant la tâche suivante. Les données relatives à la première tâche ne seront pas prises en compte lors de l'analyse afin d'éviter d'éventuels biais liés à la prise de connaissance de la situation expérimentale et du protocole de tests.

Étape 3 : Les sujets devaient naviguer librement sur le site web durant deux minutes afin de pouvoir découvrir plus globalement le site sans avoir à se concentrer sur une tâche de recherche d'informations. Un questionnaire de mesure des échelles du TAM était ensuite administré.

4.2 Contrôle des échelles de mesure et préparation des données

L'évaluation de la consistance interne de nos échelles s'est faite au moyen d'une analyse factorielle confirmatoire. Les coefficients alpha de Cronbach sont de 0.851, 0.937 et 0.808 respectivement pour la PU, PFU et PIU. Considérant la taille restreinte de notre échantillon, la normalité des distributions a été vérifiée. Le cas échéant, des tests non paramétriques ont été réalisés. Le TR moyen pour chaque tâche a été obtenu en soustrayant le TR moyen du sujet de la moyenne des TR lors de la tâche. Afin de respecter la normalité, la distribution des mesures des temps de réaction à la tâche de détection des stimuli sonores a été « windsorisée » en ramenant les valeurs extrêmes à une distance équivalente à 1,5 fois l'écart interquartile calculé par les balises de Tukey (Garbin, 2002). Nous avons également recentré la distribution à l'aide d'une fonction racinée carrée.

5 Résultats

Pour déterminer s'il y a ou non présence d'une médiation entre différentes variables, il faut que certaines conditions soient respectées (Klein, Marchal & Van Der Linden, 2008). Ainsi, la variable indépendante (VI) doit influencer la variable dépendante (VD) et la variable médiatrice (VM), cette dernière devant également influencer la VD. Il y a présence d'une médiation partielle ou totale lorsque l'effet de la VI sur la VD diminue significativement lorsque l'on contrôle la variable médiatrice. Pour ces analyses, nous avons eu recours à la macro SPSS® « Process » (Hayes, 2012) qui permet de tester des relations de médiations multiples parallèles ou sérielles. Les résultats (cf. tableau 1) indiquent que les prémisses de la médiation sont respectées puisque l'ergonomie de l'interface influence bien les deux médiateurs supposés. Une interface non ergonomique diminue l'efficacité ($\beta = -.56$; $p < .001$) et l'efficacité ($\beta = .583$; $p < .001$) aux tâches de recherche d'informations, ces deux variables influençant à leur tour la PFU. Par ailleurs, la PFU est plus faible dans la condition non ergonomique ($\beta = -.578$; $p < .001$).

VD	R ²	VI	B	E.S.	β	t
PFU	.441	Efficacité	.600	.183	.435	3.276**
		Efficience	-.005	.002	-.326	-2.456*
PFU	.334	Ergo	-1.859	.395	-.578	-4.701***
Efficacité	.313	Ergo	-1.304	.291	-.560	-4.481***
Efficience	.340	Ergo	131.32	27.572	.583	4.763***

Note : * p < .05 ; ** p < .01 ; *** p < .001

Tableau 1. Valeurs des coefficients de régression impliquant l'efficience, l'efficacité et l'ergonomie de l'interface

Lorsque le sujet trouve les bonnes réponses et/ou qu'il met peu de temps pour s'acquitter de la tâche, il percevra le site comme étant d'autant plus facile à utiliser. L'analyse *post hoc* des scores de PFU en fonction de l'efficacité aux tâches permet d'apporter une précision à ces résultats puisqu'elle permet de mettre en évidence le fait que les scores moyens de PFU lorsque le sujet a trouvé au moins une bonne réponse, sont significativement différents du score moyen dans les conditions où les sujets rapportent des réponses fausses ou aucune réponse ($t(41) = 0.391$; $p < 0.001$).

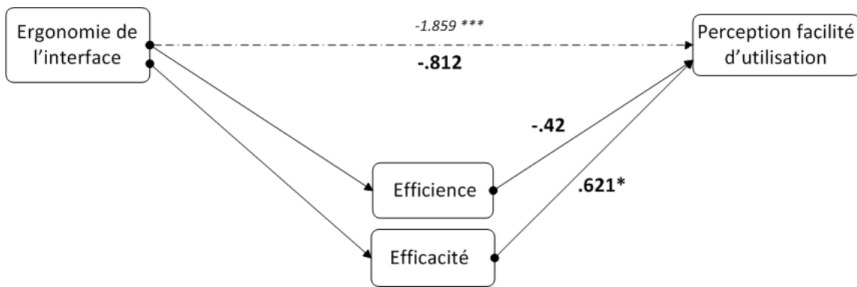


Figure 3. Valeurs (en gras) des coefficients β dans le modèle de médiation de l'effet de l'ergonomie de l'interface sur la PFU par l'utilisabilité objective

L'analyse de médiation (cf. figure 3) et les tests *bootstrap* opérés sur les effets indirects (Caceres & Vanhamme, 2003 ; Hayes, 2012 ; Palm, 2002) indiquent que l'effet direct de l'ergonomie de l'interface sur la PFU est non significatif ($\beta = -.812$; $p > .05$). L'ergonomie influence indirectement la PFU au travers de l'efficacité aux tâches ($\beta = -.621$; $p > .05$) mais pas au travers de l'efficience ($\beta = -.42$; $p > .05$). L'efficacité aux tâches médiatise donc l'effet de l'ergonomie de l'interface sur la PFU et l'hypothèse H1 est donc partiellement confirmée.

Le tableau 2 présente les moyennes et écarts-types des principales variables étudiées en fonction de la condition expérimentale. Les valeurs des tests (t) de comparaisons de moyennes pour échantillons indépendants y sont également présentées et montrent que les moyennes sont toutes significativement différentes en fonction de l'ergonomie de l'interface.

	Moyennes (σ)		
	E	NE	t
Perception de l'utilité	5.55 (0.8)	3.58 (1.43)	5.769***
Perception de la facilité d'utilisation	5.50 (1.1)	3.64 (1.54)	4.701***
Intention d'usage	5.68 (1.01)	3.96 (1.5)	4.556***
Efficience moyenne (sec.)	120.18 (61.08)	251.5 (117.28)	2.527*
TR moyen (msec.)	336.7 (181.12)	230.74 (103.42)	- 4.763***

Note : * p < .05 ; *** p < .001

Tableau 2. Moyennes, écarts-types (σ) et valeurs des tests t des principales variables étudiées en fonction de la condition ergonomique (n=23) et non ergonomique (n=23)

Ces résultats mettent en évidence que la perception de l'utilité est significativement plus élevée ($t(44) = 5.769$; $p < .001$) dans la condition ergonomique ($M = 5.55$) que dans la condition non ergonomique ($M = 3.58$), ce qui confirme notre l'hypothèse H3.

L'analyse de corrélation montre que les charges extrinsèque et pertinente sont **positivement** corrélées dans la première tâche ($r = .833$) ainsi que dans la seconde tâche ($r = .824$). Par contre, les temps de réaction moyens sont significativement plus élevés ($t(44) = -4.763$; $p < .001$) dans la condition de navigation au sein du site ergonomique (336.7 msec) que dans la condition non ergonomique (230.74 msec). La demande des tâches a été évaluée de façon similaire entre les conditions puisqu'il n'y a pas de différence significative de moyenne entre les deux conditions, pour la première ($t(43) = -1.883$; $p > .05$) et la seconde tâche ($t(44) = -1.62$; $p > .05$).

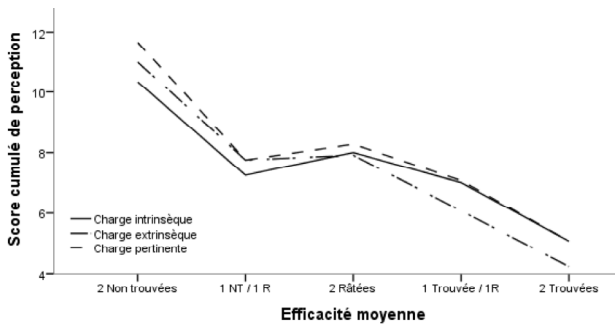


Figure 4. Scores cumulés de perception des charges cognitives en fonction de l'efficacité moyenne aux tâches (NT = non trouvée ; F = fausse ; C = correcte)

Cependant, il est à noter que la puissance de ce dernier test n'est que de 36%, ce qui est trop faible pour s'assurer d'éviter toute erreur de deuxième espèce. Par ailleurs, une analyse plus approfondie des interactions entre les mesures des charges et les autres variables indique que les trois mesures de charges sont fortement corrélées avec l'efficacité aux tâches. Les corrélations avec l'efficacité à la première tâche sont respectivement de -.483, -.494, -.487 pour les charges intrinsèque, pertinente et extrinsèque ; et de -.558, -.558 et -.543 avec l'efficacité à la seconde tâche. L'analyse

graphique de la figure 4 semble indiquer que les niveaux de charges reportés étaient plus faibles lors de la réussite des tâches.

Comme indiqué dans le tableau 3, tant la PU et la PFU que l'intention d'usage sont moins élevées dans la condition où les sujets naviguaient sur une interface non ergonomique (coefficients de régressions négatifs). La perception de l'utilité influence positivement l'intention d'usage ($\beta = .4$; $p < .05$) à l'instar de la perception de la facilité d'utilisation ($\beta = .45$; $p < .001$).

VD	R ²	VI	B	E.S.	β	t
PU	.431	Ergo	-1.97	.342	-.656	-5.769***
PFU	.334	Ergo	-1.86	.395	-.578	-4.701***
PU	.586	PFU	.715	.091	.765	7.891***
IU	.322	Ergo	-1.725	.378	-.567	-4.566***

Note : *** = $p < 0.001$

Tableau 3. Valeurs des coefficients de régression impliquant les perceptions d'utilité et de facilité d'utilisation, l'intention d'usage et l'ergonomie de l'interface

Les résultats reportés sur la figure 5 indiquent également que les deux antécédents de l'intention d'usage (IU) médiatisent totalement l'effet de l'ergonomie de l'interface puisque l'effet direct de ce dernier est non significatif ($\beta = -.187$; $p > .05$). L'analyse des effets indirects montre que la majorité de l'effet indirect de l'ergonomie sur l'IU passe par la PFU (-.813, $p < .05$) alors que l'effet au travers de la PU est plus réduit (-.354 ; $p < .05$). Les résultats soutiennent la présence d'une médiation sérielle au travers de la PFU puis de la PU (effet indirect = $-.371$; $p < .05$). L'hypothèse H4 est donc confirmée.

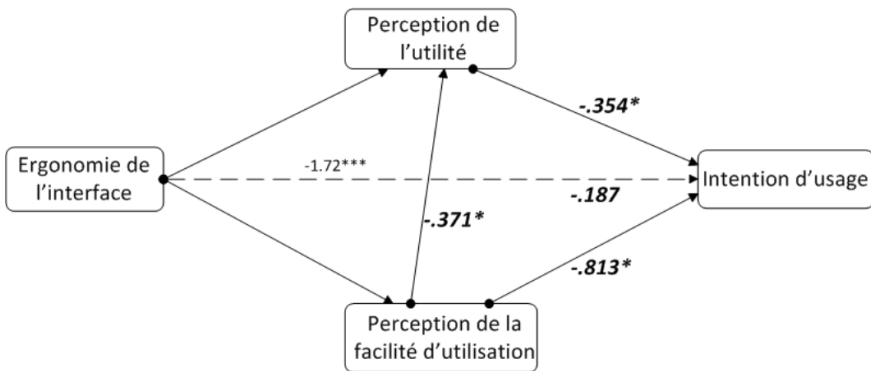


Figure 5. Valeurs (en gras) des coefficients β dans le modèle de médiation de l'effet de l'ergonomie de l'interface sur l'IU, par la PU et la PFU

6 Discussion

L'objectif de notre étude était d'étendre les ponts entre l'acceptabilité opératoire, basée essentiellement sur les caractéristiques techniques des systèmes d'information

(SI), et l'acceptabilité sociale davantage centrée sur des variables d'ordre psychosocial. En partant des récentes évolutions du TAM (Davis, 1989 ; Venkatesh & Bala, 2008), nous avons proposé d'interroger le rôle que les caractéristiques ergonomiques des SI peuvent avoir sur l'intention d'usage, notamment au travers des déterminants de cette intention.

Les analyses indiquent que l'ergonomie de l'interface d'un site internet influence effectivement la perception de la facilité d'utilisation (PFU) ainsi que la perception de l'utilité (PU). Lorsque les sujets sont amenés à naviguer dans un site internet au moyen d'une interface non ergonomique, ils perçoivent le site comme étant plus difficile à utiliser et moins utile que dans une condition ergonomique. Nos résultats indiquent que l'efficacité (durée de complétion des tâches) et l'efficacité aux tâches (nombre de réponses correctes/incorrectes/non trouvées) influencent la PFU. Pourtant, seule l'efficacité aux tâches médiatise l'effet de l'ergonomie de l'interface sur la PFU. Les sujets évalueraient la facilité d'utilisation du site en fonction du fait qu'ils aient pu trouver (ou non) la cible de la recherche d'informations, performance qui décroît dans la condition non ergonomique et qui expliquerait pourquoi la PFU est moins élevée dans cette condition. Ces résultats doivent être mis en parallèle avec ceux de Venkatesh (2000) qui met l'accent sur le fait que le sentiment d'auto-efficacité avec l'informatique (SAEI) est le prédicteur le plus important de la PFU. Pour cet auteur, en l'absence d'expérience avec un SI, l'utilisateur ancrera principalement sa PFU sur son SAEI. Nous soutenons que l'efficacité aux tâches pourrait être considérée comme une mesure du SAEI, non pas avec l'informatique en général, mais avec l'outil en particulier.

Nous avons émis l'hypothèse que la diminution de la performance dans la condition ergonomique pourrait s'expliquer par la difficulté d'apparier l'information sélectionnée avec la cible de la recherche d'informations maintenue en mémoire de travail, dans un contexte où la charge extrinsèque serait plus élevée. Nos résultats tendent à soutenir cette hypothèse dans la mesure où les sujets ont reporté un effort mental lié à la navigation (charge extrinsèque) plus élevé dans la condition non ergonomique. Il se pourrait donc que l'effort supplémentaire lié à la navigation interfère avec la réalisation de la tâche.

Notre étude met également en évidence que l'ergonomie de l'interface affecte la perception de l'utilité, puisque les sujets ont perçu le site comme moins utile lorsqu'ils naviguaient via l'interface non ergonomique. Bien que la charge extrinsèque soit plus élevée dans cette condition, il apparaît que la charge pertinente est également plus importante dans la condition non ergonomique. Ces résultats vont à l'encontre de notre hypothèse initiale (H2a) concernant une corrélation négative entre ces charges. Cependant, nous pensons que notre outil de mesures subjectives des charges n'a pas permis de discriminer correctement celles-ci puisqu'elles étaient toutes fortement corrélées entre elles, ainsi qu'avec l'efficacité aux tâches. Il est possible que les sujets n'aient pas réussi à faire la différence entre l'effort mental requis pour la tâche et l'effort requis pour les activités annexes (Scheiter *et al.*, 2009) et qu'ils aient perçu les items liés à la charge intrinsèque et pertinente comme une mesure de l'effort mental général. Ce doute est accentué par le fait que bien que nous n'ayons pas observé de différence de niveaux de charge intrinsèque entre les deux conditions, la faible puissance du test ne nous permet pas d'assurer ce résultat.

Les temps de réaction moyens ont été plus élevés dans la condition ergonomique, conformément à nos attentes et aux résultats des études antérieures (Chevalier *et al.*, 2004 ; Chevalier & Kicka, 2006). Cette augmentation pourrait refléter l'accroissement de la charge pertinente liée à l'augmentation de la profondeur de

traitement de l'information. Toutefois, le fait que notre mesure de la charge pertinente ne semble pas valide ne nous permet pas de dire que celui-ci serait lié à une augmentation de cette charge. À l'instar d'autres auteurs (Kirschner, Ayres & Chandler, 2011 ; Scheiter *et al.*, 2009), nous pensons qu'il est difficile d'approcher une mesure de la charge pertinente au moyen d'échelle subjective. Il se pourrait également que la charge pertinente ne soit pas mesurable indépendamment de la charge intrinsèque, car elle serait consubstantielle à la réalisation de la tâche et donc directement liée à la charge intrinsèque (Kalyuga, 2011 ; Sweller, 2010).

Enfin, nos résultats indiquent que l'ergonomie de l'interface d'un site internet influence l'intention d'usage (IU) future déclarée par les utilisateurs. Cette interaction est entièrement médiatisée par la PFU et la PU, corroborant ainsi les résultats des études précédentes (p. ex. Venkatesh et Davis (1996)). Par ailleurs, nos analyses montrent que la PFU médiatise la majeure partie de l'effet indirect de l'ergonomie sur l'IU mais qu'elle l'influence également au travers de la PU (médiation sérielle). Pourtant, la plupart des études portant sur le TAM rapportent que la médiation entre des variables externes et l'IU est principalement transmise par la perception de l'utilité (King & He, 2006).

Cette différence pourrait s'expliquer par la nature même de la situation expérimentale qui imposait d'avoir recours à une évaluation « théorique » de l'utilité. En effet, pour contrôler l'effet des connaissances antérieures du sujet concernant la structure du site internet, nous avons choisi de les confronter à un site qu'ils ne connaissaient pas et dont ils n'avaient pas réellement besoin. Dès lors, il est possible que l'importance de la PU comme déterminant de l'IU ait pu être sous-estimée par les sujets, conduisant ainsi à une surestimation de l'importance de la PFU dans le modèle.

6.1 Limites

Les premières limites que nous pouvons adresser à notre étude concernent la méthodologie utilisée. Les perceptions d'acceptabilité n'ont été mesurées qu'après un court usage, alors que bon nombre d'auteurs préconisent de mesurer les perceptions sur une période de temps plus étendue. Venkatesh et Bala (2008) par exemple, mesurent les perceptions d'acceptabilité avant l'usage d'un outil, après plusieurs semaines et après quelques mois, afin de déterminer comment l'usage réel influence les perceptions d'utilité et de facilité d'utilisation. Notre étude se situe à une échelle temporelle bien plus restreinte puisque nous avons mesuré l'influence de l'interaction avec le système après une interaction de quelques dizaines de minutes. Néanmoins, la temporalité de notre mesure se justifie plus facilement en regard du fait que notre étude impliquait l'utilisation d'un système d'information extrêmement simplifié (un site internet basique), ce qui nécessite sans doute un temps réduit pour en comprendre le fonctionnement et la structure.

La question de l'outil nous amène à une seconde limite qui porte sur la généralisation de nos résultats à d'autres technologies et d'autres contextes d'usage. Nous avons choisi de mesurer l'acceptabilité d'un site internet pour des raisons d'ordre essentiellement méthodologique. Même si le TAM est un modèle validé dans de très nombreux contextes, il n'est pas certain que nos résultats se vérifient avec l'utilisation d'outils différents.

Par ailleurs, le contexte dans lequel nous avons mené notre expérience pourrait également entraîner certains biais dans nos résultats. Pour mesurer l'intention d'usage, nous avons invité les sujets à se représenter une condition dans laquelle ils auraient besoin d'accéder aux informations fournies par le site qui leur était proposé. Il s'agit donc d'une mesure de l'intention d'usage « supposée », puisque les

sujets n'avaient pas directement d'intérêt à utiliser ce site. Il serait donc judicieux de vérifier si nos résultats peuvent être reproduits dans une condition où les sujets ont un intérêt réel pour le système qui est évalué. D'autre part, le fait même que l'étude se déroule dans un environnement contrôlé a également pu induire un biais. En situation d'usage réel, il est pertinent de supposer qu'un nombre important de facteurs externes pourraient également influencer l'efficacité et l'efficience d'une recherche d'informations. Une même critique peut être adressée à la mesure de la charge cognitive qui ne tient pas compte du fait qu'en situation réelle, l'utilisateur sera sans doute souvent impliqué dans plusieurs tâches simultanément et que celles-ci pourraient conduire à augmenter la charge cognitive globale.

Nous pouvons également adresser certaines réserves quant à la représentativité de notre échantillon. En effet, nous avons mené notre étude auprès d'un échantillon majoritairement composé d'étudiants, essentiellement pour des raisons pratiques. Certains auteurs (King & He, 2006) attirent l'attention sur le fait que les études menées auprès d'étudiants permettent d'obtenir une bonne estimation de l'acceptabilité d'une technologie chez des professionnels, mais pas pour la population en général.

Nous pensons également qu'il est nécessaire d'être prudent dans l'analyse de nos résultats. Les étudiants sont en général plus jeunes et ont par conséquent un rapport à la technologie qui est différent de leurs aînés, particulièrement avec l'utilisation de l'internet qui est une technologie qui s'est développée au cours des deux dernières décennies. Par ailleurs, un échantillon de taille plus importante nous aurait peut-être permis de confirmer certains effets ou d'en déceler d'autres à l'aide de tests plus puissants.

En outre, la faible taille de notre échantillon explique également pourquoi nous n'avons pas retenu tous les facteurs présents dans les évolutions récentes du TAM. Nous avons choisi de nous concentrer sur un nombre restreint de variables et d'en mesurer l'impact sur les facteurs centraux du TAM, mais il aurait été plus pertinent de prendre en compte l'ensemble des variables qui influencent les antécédents de l'intention d'usage.

6.2 Perspectives

Bien que notre méthode de mesure des charges cognitives n'ait pas permis de confirmer l'ensemble de nos hypothèses, notre étude apporte néanmoins un cadre théorique pertinent pour expliquer les liens entre l'utilisabilité d'un système et la charge cognitive générée chez l'utilisateur. D'autre part, notre recherche soulève un certain nombre de questions auxquelles de nouvelles études pourraient être consacrées. Nous pensons que l'utilisation d'autres types de mesure pourrait nous permettre d'avoir une vision plus fine des processus cognitifs qui sont à l'œuvre chez les sujets lors de la recherche d'informations. À cet égard, les techniques d'oculométrie paraissent prometteuses, dans le sens où elles offrent une approche plus « objective », en étant indépendantes des processus de réinterprétation du sujet. Certains auteurs proposent ainsi de mesurer la charge cognitive à partir de paramètres liés à l'observation du regard du sujet comme la dilatation pupillaire (Bucks & Walrath, 1992) ou les saccades (Chen *et al.*, 2011), voire même d'approcher une mesure différenciée des charges à partir de ces paramètres oculométriques (Debus & van de Leemput, sous presse). Permettant d'atteindre une meilleure résolution temporelle, cette technique pourrait également être combinée à l'évaluation des parcours de navigation (Nakamichi *et al.*, 2007) afin de comprendre quels éléments de l'interface génèrent une charge cognitive plus ou moins élevée chez l'utilisateur.

Dans une perspective plus générale, nous pensons également qu'il serait nécessaire de dépasser le cadre conceptuel proposé par le TAM. Initialement, le TAM visait à prédire l'usage d'une technologie à partir des perceptions que l'utilisateur potentiel en avait *a priori*. Aujourd'hui, d'autres modèles proposent de prendre en compte l'influence de ces perceptions (comme la perception de l'utilité par exemple) mais également d'intégrer d'autres variables susceptibles de rendre compte de l'interaction entre l'utilisateur et le système, tout au long du processus d'appropriation et d'intégration de celui-ci. Ainsi, la théorie de la continuité des technologies (TCT) de Lía, Palvia et Chen (2009) tente d'expliquer l'acceptation initiale ainsi que la continuité d'usage à partir des variables principales du TAM (PU et PFU) mais aussi de variables telles que la satisfaction (également liée à l'utilisabilité) ou la disconfirmation des attentes. Là encore, nous pensons qu'il serait nécessaire d'approfondir les liens entre les caractéristiques instrumentales des systèmes et les processus cognitifs qu'elles induisent chez l'utilisateur afin d'en mesurer l'impact sur les déterminants de l'acceptabilité-acceptation.

7 Conclusion

Notre étude aura permis d'apporter certaines avancées théoriques au modèle de l'acceptabilité de Davis (1989) ainsi qu'à ses récents développements (Venkatesh & Bala, 2008). Elle aura également permis de proposer un cadre théorique pertinent pour l'étude des liens entre charge cognitive, utilisabilité et acceptation des technologies. Nous avons pu mettre en lumière que les caractéristiques instrumentales des systèmes influençaient directement les perceptions déterminant l'intention d'usage future d'un système d'information. En particulier, nous avons pu mettre l'accent sur le fait que l'ergonomie d'une interface n'influence pas seulement la perception de la facilité d'utilisation des utilisateurs, mais également la perception qu'ils ont de l'utilité du système et du contenu proposé.

Bibliographie

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 50, num. 2, 179-211.
- Amadiou, F. & Tricot, A. (2006). Utilisation d'un hypermédia et apprentissage : deux activités concurrentes ou complémentaires ? *Psychologie Française*, vol. 51, num. 1, 5-23.
- Ayres, P. & van Gog, T. (2009). State of the art research into Cognitive Load Theory. *Computers in Human Behavior*, vol. 25, num. 2, 253-257.
- Baccino, T., Bellino, C. & Colombi, T. (2005). *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*. Hermes Science Publications, Paris.
- Backs, R. W. & Walrath, L. C. (1992). Eye movement and pupillary response indices of mental workload during visual search of symbolic displays. *Applied Ergonomics*, vol. 23, num. 4, 243-254.
- Bandura, A. (1978). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, vol. 1, num. 4, 139-161.
- Baron, R. M. & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 51, num. 6, 1173-1182.

- Bastien, J.-M. C. & Tricot, A. (2008). L'évaluation ergonomique des documents électroniques. In *Ergonomie des documents électroniques*, Chevalier, A., Tricot, A. (Eds.), Presses Universitaires de France, Paris, 205-227.
- 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. *Revue européenne de psychologie appliquée*, vol. 60, 129-146.
- Brunken, R., Plass, J. L. & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, vol. 38, 53-61.
- Caceres, R. C. & Vanhamme, J. (2003). Les processus modérateurs et médiateurs : distinction conceptuelle, aspects analytiques et illustrations. *Recherche et Applications en Marketing*, vol. 18, num. 2, 67-100.
- Caro-Dambreville, S. (2008). Evaluer un dispositif de formation à distance. Principes et retour d'expérience. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, vol. 9, num. 2, 25-52.
- Castañeda, J. A., Muñoz-Leivas, F. & Luque, T. (2007). Web acceptance model (WAM) : Moderating effect of user experience. *Information & Management*, vol. 44, num. 3-4, 384-396.
- Cegarra, J. & Chevalier, A. (2008). The use of Tholos software for combining measures of mental workload: Toward theoretical and methodological improvements. *Behavior Research Methods*, vol. 40, num. 4, 988-1000.
- Chanquoy, L., Tricot, A. & Sweller, J. (2007). *La charge cognitive : Théories et applications*. Armand Colin, Paris.
- Chen, S., Epps, J., Ruiz, N. & Chen, F. (2011). Eye activity as a measure of human mental effort in HCI. In *Proceedings of the 16th international conference on intelligent user interfaces*, IUI 2011, Palo Alto, USA, Mars.
- Chevalier, A. & Kicka, M. (2006). Web designers and web users: Influence of the ergonomic quality of the web site on the information search. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 64, num. 10, 1031-1048.
- Chevalier, A., Kicka, M. & Cegarra, J. (2004). *Quels sont les effets de la qualité ergonomique d'un site web et de l'expérience des utilisateurs sur la charge cognitive et le temps de navigation ?* In Actes de la 10ème Journée d'Étude sur le Traitement Cognitif des Systèmes d'Information Complexes, JETCSIC 2004, Genève, Suisse, Juin.
- Cierniak, G., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2009). Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? *Computers in Human Behavior*, vol. 25, num. 2, 315-324.
- Clarke, T., Ayres, P. & Sweller, J. (2005). The Impact of Sequencing and Prior Knowledge on Learning Mathematics Through Spreadsheet Applications. *Educational Technology Research & Development*, vol. 53, num. 3, 15-24.
- Compeau, D. R. & Higgins, C. A. (1995). Application of Social Cognitive Theory to Training for Computer Skills. *Information Systems Research*, vol. 6, num. 2, 118-143.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, vol. 13, num. 3, 319-340.

- Debue, N. & van de Leemput, C. (sous presse). What Does Germane Load Mean? A Empirical Contribution to the Cognitive Load Theory. *Frontiers in Psychology*.
- Elmezni, I. & Gharbi, J-E. (2011). Médiation de l'émotion et du niveau de traitement entre l'absorption cognitive et la satisfaction avec un sit Web commercial. *Revue des Interactions Humaines Mediatisées*, vol. 12, num. 2, 97-120.
- Ezzedine, K., Amiel, A., Vereecken, P., Simonart, T., Schietse, B., Seymons, K., Ndiaye, B.S., van de Leemput, C., de Weert, S., Lambert, J. & Heenen, M. (2008). Black Skin Dermatology Online, from the project to the website: a needed collaboration between North and South. *Journal of the European Academy of Dermatology & Venereology*, vol. 22, num. 10, 1193-1199.
- Faurie, I. & van de Leemput, C. (2007). Sentiment d'Efficacité Personnelle dans la maîtrise de l'informatique et d'Internet chez les étudiants : perspectives académiques et professionnelles. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, vol. 36, 533-552.
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intetion and behavior : An introduction to theory and research*. Addison-Wesley Publisher Company, New-York.
- Galy, E., Cariou, M. & Mélan, C. (2012). What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? *International Journal of Psychophysiology*, vol. 83, num. 3, 269-275.
- Garbin, C. (2002). *Univariate Date Cleaning*. Disponible à : http://psych.unl.edu/psycrs/statpage/univ_clean_eg.pdf
- Gerjets, P., Scheiter, K. & Catrambone, R. (2004). Designing Instructional Examples to Reduce Intrinsic Cognitive Load: Molar versus Modular Presentation of Solution Procedures. *Instructional Science*, vol. 32, num. 1, 33-58.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In *Advances in Psychology*, Peter, A.H., Najmedin, M. (Eds.), North-Holland, 139-183.
- Hayes, A. F. (2012). *PROCESS : A versatile computational tool for observed variable mediation, moderation, and conditional process modeling*. Disponible à : <http://www.afhayes.com/public/process2012.pdf>
- Hollender, N., Hofmann, C., Deneke, M. & Schmitz, B. (2010). Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction. *Computers in Human Behavior*, vol. 26, num. 6, 1278-1288.
- Hornbæk, K. (2006). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 64, num. 2, 79-102.
- ISO. (1998). *Ergonomic requirement for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11 : Guidance on usability*.
- Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory: How Many Types of Load Does It Really Need? *Educational Psychology Review*, vol. 23, num. 1, 1-19.
- King, W. R. & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, vol. 43, num. 6, 740-755.

- Kirschner, P. A., Ayres, P. & Chandler, P. (2011). Contemporary cognitive load theory research: The good, the bad and the ugly. *Computers in Human Behavior*, vol. 27, num. 1, 99-105.
- Klein, O., Marchal, C. & Van Der Linden, N. (2008). L'analyse de médiation : Une introduction non technique. *Revue électronique de psychologie sociale*, vol. 1, num. 2, 3-7.
- Lee, Y., Kozar, K.A. & Larsen, K.R.T. (2003). The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future. *Communications of the Association for Information System*, vol. 12, num. 1, 752-780.
- Legrís, P., Ingham, J. & Colletette, P. (2003). Why Do People Use Information Technology? A Critical Review of the Technology Acceptance Model. *Information and Management*, vol. 40, num. 3, 191-204.
- Liao, C., Palvia, P. & Chen, J.-L. (2009). Information technology adoption behavior life cycle: Toward a Technology Continuance Theory (TCT). *International Journal of Information Management*, vol. 29, num. 4, 309-320.
- Moon, J.-W. & Kim, Y.-G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. *Information & Management*, vol. 38, num. 4, 217-230.
- Nakamichi, N., Sakai, M., Shima, K., Hu, J. & Matsumoto, K.-i. (2007). WebTracer: A new web usability evaluation environment using gazing point information. *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 6, num. 1, 63-73.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. AP Professional, Cambridge.
- Oviatt, S. (2006). Human-centered design meets cognitive load theory: designing interfaces that help people think. In *Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia, Santa Barbare, USA*, Octobre.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, vol. 38, num. 1, 63 - 71.
- Paas, F. & Van Merriënboer, J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, vol. 6, num. 4, 351-371.
- Padovani, S. & Lansdale, M. (2003). Balancing search and retrieval in hypertext: context-specific trade-offs in navigational tool use. *International Journal of Human Computer Studies*, vol.58, num. 1, 125-149.
- Palm, R. (2002). Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 6, num. 3, 143-153.
- Rouet, J.-F. & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs. . *Hypertextes et Hypermédiats*, hors série, 57-74.
- Rubin, J. & Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability Testing*. Wiley Publishing Inc., Indianapolis, USA.
- Scapin, D. L. & Bastien, J.-M. C. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, vol. 16, num. 4-5, 220-231.

- Scheiter, K., Gerjets, P. & Catrambone, R. (2006). Making the abstract concrete: Visualizing mathematical solution procedures. *Computers in Human Behavior*, vol. 22, num. 1, 9-25.
- Scheiter, K., Gerjets, P., Vollmann, B. & Catrambone, R. (2009). The impact of learner characteristics on information utilization strategies, cognitive load experienced, and performance in hypermedia learning. *Learning and Instruction*, vol. 19, num. 5, 387-401.
- Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, vol. 19, num. 4, 469-508.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving - Effects On Learning. *Cognitive Science*, vol. 12, num. 2, 257-285.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. ACER, Melbourne.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, vol. 22, num. 2, 123-138.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, vol. 185, num. 4157, 1124-1131.
- Van de Leemput, C. & Amiel, A. (2010). L'e-learning : L'ergonomie à la rencontre de la formation et de la gestion des savoirs. In *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés*, Valléry, G, Le Port M.-C., Zouinar, M. (Eds.), Presses Universitaires de France, Paris, 77-102.
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research*, vol. 11, num. 4, 342.
- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, vol. 39, num. 2, 273-315.
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (1996). A model of the antecedents of perceived ease of use. *Decision science*, vol. 27, num. 3, 451-481.
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, vol. 46, num. 2, 186-204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Gordon, B. D. & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, vol. 27, num. 3, 425-478.